

UNIVERSIDADE DE LISBOA



EDUCAÇÃO STEM NA APRENDIZAGEM DA ELETRICIDADE

UM TRABALHO COM ALUNOS DO 9.º ANO

Ana Cristina Pinheiro da Silva Rodrigues Cardoso

Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no
Ensino Secundário

Relatório da Prática de Ensino Supervisionada orientado pela Professora
Doutora Mónica Luísa Mendes Baptista e coorientado pelo Professor Doutor
Rui Jorge Lourenço Santos Agostinho

2020

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Mónica Baptista por toda a disponibilidade e constante apoio, orientação e motivação durante todo este percurso.

Ao Professor Doutor Rui Agostinho pelas suas sugestões e orientações na elaboração das tarefas e na revisão científica deste trabalho.

À professora Teresa Nunes que partilhou comigo a sua turma. O meu muito obrigada pela disponibilidade dispensada, pela partilha do seu conhecimento e experiência, pelos conselhos e orientações na preparação e durante as minhas intervenções de prática supervisionada.

Aos alunos, grandes protagonistas deste trabalho. Obrigada por me deixarem participar das vossas aprendizagens e pela vossa participação ativa, motivação e empenho nas tarefas que vos propus.

Aos meus pais, meu porto de abrigo, pelo seu infindável carinho, apoio e incentivo para concretizar mais um objetivo de vida. Sem o vosso apoio esta caminhada seria bem mais difícil!

Aos meus amigos pelo seu apoio, amizade e pela força nos momentos em que a confiança e motivação afrouxaram.

Às minhas colegas, Ana Simões e Mara Alberto pela partilha de ideias e pelas nossas conversas sobre quase tudo. Foi um prazer partilhar convosco estes 2 anos. Desejo-vos um futuro risonho!

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo conhecer de que forma uma abordagem STEM sobre eletricidade contribui para o desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos do 9.º ano, bem como para as suas aprendizagens. Para tal, procurou-se conhecer se ocorrem mudanças nas suas estruturas cognitivas, as aprendizagens que desenvolvem e dificuldades sentidas quando envolvidos na realização de tarefas STEM sobre eletricidade. Para atingir os objetivos propostos, foi desenvolvido um conjunto de cinco tarefas, sobre eletricidade, contextualizadas na “Engenharia Reversa”, visando o estudo e compreensão de conceitos científicos relativos à eletricidade, por desconstrução de um artefacto elétrico, a “caixa mistério”. Na elaboração das tarefas propostas utilizaram-se contextos simples e familiares aos alunos, com o intuito de os motivar para a resolução de problemas relacionados com a eletricidade e de mobilizar o conhecimento científico adquirido para construir um protótipo de um robô, na última tarefa. Este trabalho foi desenvolvido no quadro projeto de investigação “Let’s GoSTEM: Abordagem STEM e sua influência nas aprendizagens de Física, interesse e motivação”, financiado pela FCT (referência PTDC/CED-EDG/31480/2017). A prática de ensino supervisionada decorreu com uma turma do 9.º ano composta por 23 alunos, com idades compreendidas entre os 13 e os 17 anos. Este trabalho de cariz investigativo recorre a uma metodologia de investigação qualitativa, utilizando como instrumentos de recolha de dados: um pré e um pós-WAT (*Word Association Test*), registos escritos dos alunos, observação e fotografias. Da análise de conteúdo emergiram várias categorias e subcategorias que facilitaram a organização e compreensão dos dados. Os resultados obtidos, usando uma abordagem STEM sobre eletricidade, apontam para uma evolução positiva relativamente ao desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos e à natureza das relações que estabelecem. No que concerne às aprendizagens, os resultados indicam que os alunos, quando envolvidos em tarefas STEM, conseguem adquirir alguns conhecimentos quer no domínio de conceptual quer no domínio processual. Contudo, há um conjunto de dificuldades, nesses domínios, que não foram ultrapassadas, sugerindo, por um lado, a necessidade de melhorar as tarefas e a metodologia de ensino e, por outro, um estudo mais aprofundado sobre a causa dessas dificuldades.

Palavras-Chave: Educação STEM, Ensino de Física, Eletricidade, Estruturas Cognitivas, Aprendizagens Essenciais

ABSTRACT

This work aims to know how a STEM approach on electricity contributes to the development of the 9th grade students' cognitive structures, as well as to their learning. For that, we aim to know changes in students' cognitive structures, the learning they develop and the difficulties experienced when they are involved in STEM tasks related with electricity. A set of five tasks, about electricity, was developed, contextualized in "Reverse Engineering", aiming at the study and understanding of scientific concepts related to electricity, by disassembly of an electrical device, the "mystery box". In the design of the tasks, simple contexts were used, familiar to the students, in order to motivate them to solve problems related to electricity and to mobilize the scientific knowledge acquired, to create, in the last task, a robot prototype. This work was developed in the scope of the research project "Let's GoSTEM: STEM approach and its influence on the learning of Physics, interest and motivation", funded by FCT (reference PTDC / CED-EDG / 31480/2017). The supervised teaching practice took place with a 9th grade class with 23 students, aged between 13 and 17 years. This research follows a qualitative research methodology, using as instruments of data collection: a WAT (Word Association Test), pre and a post-test, students' written documents, observation and photographs. Several categories and subcategories emerged from the content analysis that facilitated the organization and understanding of the data. The results obtained using a STEM approach about electricity showed a positive evolution towards the development of students' cognitive structures and the nature of the relationships established. The results also showed that students, when involved in STEM tasks, were able to acquire knowledge in conceptual and procedural domains. However, there some difficulties in these areas that have not been overcome, suggesting the need to improve the tasks and the teaching methodology, as well as a more in-depth study of the causes of these difficulties.

Keywords: STEM Education, Physics Teaching, Electricity, Cognitive Structures, Essential Learning

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE QUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
CAPÍTULO I	1
INTRODUÇÃO.....	1
ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	3
CAPÍTULO II.....	5
ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	5
ABORDAGEM STEM	5
Finalidades da Educação STEM.....	7
MODELOS PARA CONDUÇÃO DE UMA ABORDAGEM STEM	8
Integração de conteúdos	8
Aprendizagem com foco em problemas	9
Investigação (<i>Inquiry</i>)	10
Projeto (<i>Design</i>).....	11
Trabalho Colaborativo	12
Estudos sobre a educação STEM.....	12
CAPÍTULO III	15
UNIDADE CURRICULAR	15
ENQUADRAMENTO CURRICULAR.....	15
A ELETRICIDADE NO CONTEXTO CURRICULAR	16
PRINCIPAIS DIFICULDADES DOS ALUNOS NA UNIDADE ELETRICIDADE.....	19
SEQUÊNCIA DE TAREFAS.....	20
Descrição das tarefas	23
CAPÍTULO IV.....	30
MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	30
MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO.....	30
PARTICIPANTES	31
Caracterização da Escola	31
Caracterização da Turma	32

RECOLHA DE DADOS	33
WAT (<i>Word Association Test</i>)	34
Observação	36
Documentos escritos.....	37
Questões éticas.....	38
ANÁLISE DE DADOS	38
WAT.....	39
Observações e documentos escritos	40
CAPÍTULO V	43
RESULTADOS.....	43
DESENVOLVIMENTO DAS ESTRUTURAS COGNITIVAS E NATUREZA DAS RELAÇÕES.....	43
APRENDIZAGENS DESENVOLVIDAS PELOS ALUNOS QUANDO REALIZAM TAREFAS STEM..	56
DIFICULDADES APRESENTADAS PELOS ALUNOS QUANDO REALIZAM TAREFAS STEM	71
CAPÍTULO VI.....	81
DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E REFLEXÃO FINAL	81
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	81
CONCLUSÃO	86
REFLEXÃO FINAL	88
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICES.....	97
APÊNDICE A: PLANIFICAÇÃO DAS AULAS.....	98
APÊNDICE B: TAREFAS	135
APÊNDICE C: WAT.....	152

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1: Tarefas propostas para abordar o subdomínio “Corrente elétrica e circuitos elétricos” e respetivos objetivos principais.....	22
Quadro 4.1: Lista de Categorias e Subcategorias identificadas a partir dos dados recolhidos.	42
Quadro 5. 1: Padrão de amostra da tabela de frequências, pré-teste.....	45
Quadro 5. 2: Natureza das relações entre cada palavra estímulo e a palavra associada (pré-teste).....	49
Quadro 5. 3: Padrão de amostra da tabela de frequências no pós-teste.	51
Quadro 5. 4: Natureza das relações entre cada palavra estímulo e a palavra associada (pós-teste).....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Esquema organizador dos conteúdos subunidade “Corrente elétrica e circuitos elétricos” da unidade curricular: Eletricidade.	18
Figura 3.2: “Caixa mistério”.	23
Figura 3.3: Interior da Caixa mistério – Associação em paralelo (esquerda) e Associação em série (direita).	23
Figura 3.4: Tarefa I e os principais objetivos tendo em conta as Orientações Curriculares, as Aprendizagens Essenciais e a abordagem STEM.	24
Figura 3.5: Tarefa II e os principais objetivos tendo em conta as Orientações Curriculares, as Aprendizagens Essenciais e a abordagem STEM.	25
Figura 3.6: Tarefa III e os principais objetivos tendo em conta as orientações curriculares, as aprendizagens essenciais e a abordagem STEM.	26
Figura 3.7: Tarefa III e os principais objetivos tendo em conta as orientações curriculares, as aprendizagens essenciais e a abordagem STEM.	27
Figura 5.1: Mapas cognitivos do WAT pré-teste antes da intervenção sobre eletricidade. ...	47
Figura 5.2: Mapas cognitivos do WAT, pós-teste, após a intervenção sobre eletricidade.	53

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A evolução social e tecnológica da sociedade atual apela, cada vez mais, à necessidade de preparar os jovens para uma vida em constante e rápida mudança (Martins et al., 2017), sobretudo no que diz respeito à ciência e tecnologia, onde os desafios são cada vez maiores e complexos. Apesar de, atualmente, a ciência e a tecnologia desempenharem um papel crescente em todos os domínios da vida, desde a esfera privada a situações de trabalho (Schreiner & Sjøberg, 2004), alguns estudos (OCDE, 2013; Osborne & Dillon, 2008; Rocard et al., 2007; Schreiner & Sjøberg, 2004) mostram um crescente desinteresse, por parte dos jovens, por questões relacionadas com as ciências e a matemática, recomendando que o ensino das ciências contemple metodologias de ensino baseadas na investigação, uma vez que estas permitem estimular os interesses dos alunos pelas questões da ciência (Barros, 2014), mas também tomar conhecimento de procedimentos e práticas comuns associados à investigação científica (OCDE, 2013). Segundo a OCDE (2013), os indivíduos com uma forte literacia científica terão conhecimento das principais concepções e ideias que estão na base do pensamento, científico e tecnológico, qual a fonte desse conhecimento e até que ponto esse conhecimento pode ser justificado por evidências ou explicações teóricas. Desta forma, poderão contribuir para os desafios do século XXI, onde “serão reconhecidos em todos os lugares como atores-chave para garantir que o desenvolvimento, industrial e económico, ocorra de maneira social e ambientalmente sustentável” (Fensham, 2008, p. 4).

Uma parte significativa das profissões do século XXI está, ou estará, de alguma forma ligada com a ciência e a tecnologia (Hurley & Hallissy, 2017). Estima-se que, até 2025, se verifique um crescimento significativo do número de profissões, direta ou indiretamente, ligadas a áreas de STEM (Hurley & Hallissy, 2017). Muitos dos desafios do século XXI exigirão soluções inovadoras com base no pensamento científico e na descoberta científica (OCDE, 2013). Portanto, são necessários profissionais qualificados nessas áreas para manter um mercado global economicamente competitivo e para atender a exigências contemporâneas como garantir: energia suficiente e sustentável; assistência médica eficiente e desenvolvimento de tecnologia (Bøe et al. citados em Thibaut et al., 2018; OCDE, 2013). Thibaut et al., (2018) referem que todos os cidadãos, mesmo os profissionais que não lidam diretamente com ciência

e tecnologia, devem ter as capacidades e competências necessárias para lidar com os desafios de nossa sociedade altamente tecnológica e baseada na informação.

Neste sentido, uma educação STEM de qualidade poderá ser crucial para o sucesso dos alunos (Becker & Park, 2011; Stolmann, Moore, & Roehrig, 2012) e futuros profissionais. A integração STEM promove a interligação das aprendizagens tornando-as mais relevantes para os alunos (Stolmann, Moore, & Roehrig, 2012), motivando-os para um envolvimento mais ativo nas aulas de ciências.

A integração STEM baseia-se na premissa de educar jovens, usando uma abordagem interdisciplinar, interligada, integradora (Siekmann & Korbel, 2016), com forte componente prática e com aplicação a situações da vida real (Siekmann & Korbel, 2016; White, 2014), num dado contexto social, cultural e económico, para dar resposta a necessidades de ordem científica e tecnológica, baseada na relação destes quatro domínios. Segundo Siekmann e Korbel (2016) e White (2014), esta iniciativa pretende munir os alunos de capacidades de pensamento crítico que os tornem capazes de solucionar problemas de forma criativa, de modo a dar resposta às exigências do mercado de trabalho deste século.

Para Morrison (2006) são vários os benefícios da educação em STEM, nomeadamente tornar os alunos: capazes de solucionar problemas, inovadores, inventores, autossuficientes, pensadores lógicos e alfabetizados tecnologicamente. Estudos mostraram que a integração de matemática e ciências tem um impacto positivo nas atitudes e interesse dos alunos na escola (Bragow, Gragow & Smith, citados em Stohlmann et. al., 2012), na sua motivação para aprender (Gutherie, Wigfield & VonSecker, citados em Stohlmann et. al., 2012) e desempenho (Hurley, 2001, citado em Stohlmann et. al., 2012).

É, por isso, importante apostar numa educação STEM de qualidade, centrada nos desafios colocados pela sociedade do século XXI, que passa por uma abordagem da educação em ciências, estratégica e refletidamente formulada, que permita aos alunos ver a relevância das aulas de ciências e desejar envolverem-se verdadeiramente nelas (Menezes, 2018).

Para isso, é também importante que a implementação de novas metodologias seja acompanhada por uma investigação cuidada e rigorosa no sentido de, não só, compreender se as escolas e os professores estão preparados para estes “novos” desafios, mas também para identificar as aprendizagens dos alunos (e os possíveis fatores que as condicionam) e as suas dificuldades, em particular, na disciplina de Física e Química. Esta investigação deverá ter sempre em vista melhorar e aperfeiçoar as estratégias e metodologias já existentes de forma incentivar o gosto, curiosidade e motivação para o estudo das ciências e melhorar as aprendizagens e a preparação dos alunos enquanto futuros profissionais e cidadãos.

Neste sentido, tendo em conta que a educação STEM vai ao encontro das necessidades que emergem do século XXI, apostando fortemente num desenvolvimento científico e tecnológico, este trabalho tem como principal objetivo conhecer de que forma uma abordagem STEM sobre eletricidade pode contribuir para o desenvolvimento das estruturas cognitivas e para as aprendizagens de Física de alunos do 9.º ano de escolaridade. Para dar resposta a esta problemática identificaram-se três questões orientadoras:

- Que desenvolvimento ocorre nas estruturas cognitivas dos alunos quando envolvidos na abordagem STEM sobre eletricidade?
- Que aprendizagens realizam os alunos quando envolvidos na abordagem STEM sobre eletricidade?
- Que dificuldades sentem os alunos quando envolvidos na abordagem STEM sobre eletricidade?

Este trabalho insere-se num projeto mais amplo “Let’s GoSTEM: Abordagem STEM e sua influência nas aprendizagens de Física, interesse e motivação”, financiado pela FCT, referência PTDC/CED-EDG/31480/2017.

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo faz-se uma apresentação breve do trabalho, apresentando o problema de investigação e as suas questões orientadoras. O segundo capítulo, relativo ao enquadramento teórico deste trabalho, está dividido em duas secções. Na primeira secção, faz-se uma descrição do que é a abordagem STEM mostrando a sua finalidade. Na segunda apresentam-se alguns modelos STEM e descrevem-se as suas principais potencialidades, com base em estudos já realizados. Faz-se ainda referência aos modelos que serviram de base na elaboração das tarefas e nas intervenções em sala de aula. O terceiro capítulo é destinado à unidade de ensino. Este está dividido em três secções. Na primeira faz-se um enquadramento curricular, apresentando as Orientações Curriculares e Aprendizagens Essenciais abordadas nesta intervenção sobre eletricidade e uma contextualização curricular do tema eletricidade. Na segunda secção apresenta-se algumas das principais dificuldades dos alunos nesta temática. Por fim, na terceira secção, faz-se a apresentação e respetiva descrição das tarefas. O quarto capítulo é dedicado aos métodos e procedimentos utilizados neste trabalho. Neste capítulo descreve-se o método de investigação utilizado, os participantes, os instrumentos de recolha de dados e a análise de dados. No quinto

capítulo são apresentados os dados recolhidos neste trabalho. Finalmente, no sexto capítulo, discute-se os dados recolhidos e apresentam-se as principais conclusões, finalizando este trabalho com uma breve reflexão sobre todo o trabalho desenvolvido.

CAPÍTULO II

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado o enquadramento teórico deste trabalho, começando por fazer uma contextualização sobre importância de uma abordagem STEM no ensino das ciências, define-se o que é o STEM e qual a sua finalidade. No subcapítulo seguinte, apresentam-se os vários modelos e alguns estudos já realizados com esses modelos, que serviram de base para a construção e implementação das tarefas de investigação usadas neste estudo.

ABORDAGEM STEM

A constante evolução social acompanhada dos avanços, cada vez mais rápidos, da ciência e tecnologia, na sociedade atual, aliada à forte globalização em que vivemos apela, constantemente, à necessidade de preparar os jovens para uma vida em constante mudança. Nesse sentido, torna-se fundamental, para o futuro dos cidadãos e dos países, uma educação e uma formação em ciências com sólidos alicerces, de forma a garantir uma boa literacia científica.

Considerando que uma parte significativa das profissões do século XXI são, ou estarão relacionadas com a ciência e com a tecnologia (Hurley & Hallissy, 2017), torna-se indispensável uma boa oferta de recursos humanos nessas áreas que permita uma maior inovação. Essa inovação, altamente interativa e multidisciplinar, raramente ocorre isoladamente, pelo contrário, tem uma forte ligação à vida e à comunidade envolvendo, necessariamente, a integração de competências de áreas STEM (Thibaut et al., 2018).

Nesse sentido, uma educação STEM, em ambientes de ensino básico, pode ser a chave para promover, cada vez mais cedo, o interesse e a motivação dos jovens para adquirir conhecimentos e capacidades interdisciplinares relevantes para a vida e prepará-los para uma economia baseada no conhecimento e na sustentabilidade (Bøe et al., citados em Thibaut et. al., 2018). Portanto, o objetivo principal da educação STEM é capacitar a geração atual com mentalidades inovadoras, capazes de dar resposta aos avanços cada vez mais acelerados da ciência, tecnologia e engenharia, uma vez que, todos os cidadãos, mesmo os

profissionais que não lidam diretamente com ciência e tecnologia, devem ter as capacidades e competências necessárias para lidar com os desafios de nossa sociedade, altamente tecnológica e baseada na informação (Thibaut et al., 2018).

O STEM é o acrónimo de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática e surgiu em 2001, nos EUA, pela National Science Foundation (NSF), para denominar um programa de educação baseado em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (Sanders, 2009). Desde então, foi estendido a outros países, com programas desenvolvidos na Austrália, China, França, Coreia do Sul e Reino Unido (Marginson, Tytler, Freeman, & Roberts, 2013).

“A Educação STEM integrada refere-se a abordagens de aprendizagem baseadas em projetos de tecnologia/engenharia que, intencionalmente, integram conteúdos e processos de ensino de ciências e/ou matemática com conteúdos e processos de ensino de tecnologia/engenharia. A educação STEM pode ainda ser aprimorada por meio de uma maior integração com outras disciplinas escolares, como artes da linguagem, estudos sociais, arte etc.” (Sanders & Wells, citados em Sanders, 2009, p.8). Nadelson e Seifert (2017) definem o STEM integrado como uma abordagem que envolve condições que exigem a aplicação do conhecimento e práticas de várias disciplinas STEM para aprender ou resolver problemas transdisciplinares, definindo um espectro onde num extremo colocam o domínio específico (por exemplo, a física, a química tradicional) e, no lado oposto, o domínio geral (por exemplo, a saúde, os cuidados).

A abordagem STEM integrada baseia-se na premissa de educar jovens, usando uma abordagem interdisciplinar, interligada, integradora (Siekman & Korbel, 2016) e prática, com aplicação a situações da vida real num dado contexto social, cultural e económico, para dar resposta a necessidades de ordem científica e tecnológica, baseada na relação destes quatro domínios (Siekman & Korbel, 2016; White, 2014). Segundo Siekman e Korbel (2016) e White (2014), esta iniciativa pretende munir os alunos de capacidades de pensamento crítico que os tornem capazes de solucionar problemas de forma criativa, de modo a dar resposta às exigências do mercado de trabalho, deste século. Para Thibaut et al. (2018), a educação em STEM é uma abordagem emergente com potencial para melhorar a motivação dos alunos para o STEM.

Neste sentido, uma educação STEM de qualidade é vital para o futuro sucesso dos alunos (Becker & Park, 2011; Stohlmann et al., 2012). A educação em STEM é uma forma de tornar as aprendizagens mais interligadas (Stohlmann et al., 2012) e relevantes para os alunos de forma a que eles se queiram envolver ativamente na aprendizagem das ciências.

FINALIDADES DA EDUCAÇÃO STEM

O objetivo principal do ensino de tecnologia e engenharia é tornar todos os cidadãos alfabetizados tecnologicamente (ITEEA, citado em White, 2014). Isso, pode ser conseguido através do ensino de tecnologia e engenharia, mas também pela integração dos princípios de matemática e ciências nos programas de ensino de tecnologia/engenharia (White, 2014).

A razão pela qual a educação STEM despoletou em grande escala foi, em grande medida, devido à escassez de graduados em STEM, o que levou a inúmeras tentativas de aumentar o interesse dos alunos nessas áreas (Thibaut et al., 2018). Como sabemos, a economia global atual é impulsionada por empregos intensivos em conhecimento, dependentes de ciência, tecnologia e inovação contínua. Ter uma força de trabalho despreparada significaria simplesmente a incapacidade de competir na economia global (Carnevale, Smith, & Melton, 2011; Nadelson & Seifert, 2017; OCDE, 2010). Portanto, para manter e melhorar a prosperidade de um país, a educação STEM tornou-se fundamental (OCDE, 2010).

Morrison (2006) aponta várias finalidades e benefícios de uma educação STEM, nomeadamente, tornar os alunos inovadores, inventores, auto-suficientes, pensadores lógicos, capazes de solucionar problemas e alfabetizados tecnologicamente. O mesmo autor (Morrison, 2006) refere ainda que esta abordagem deve, sobretudo, gerar nesses jovens a vontade de prosseguirem os seus estudos em áreas fortemente ligadas à investigação em ciência, tecnologia e engenharia, de modo a suprimir a falta de técnicos especializados em áreas fundamentais de que depende a economia atual.

Estudos mostraram que a integração de matemática e ciências tem um impacto positivo nas atitudes e interesse dos alunos na escola (Bragow, Gragow & Smith, citado em Stohlmann et al., 2012), na sua motivação para aprender (Gutherie, Wigfield & VonSecker, citado em Stohlmann et al., 2012) e no seu desempenho (Hurley, citado em Stohlmann et al., 2012).

O ensino STEM integrado tem uma dupla finalidade, forçar o desenvolvimento de talentos e aumentar o nível de instrução e a eficiência de aprendizagens (Nadelson & Seifert, 2017). Portanto, é crucial apostar numa educação STEM de qualidade, centrada nos desafios colocados pela sociedade atual (Becker & Park, 2011; Stohlmann et al., 2012), que passa

por uma abordagem da educação em ciências, estratégica e refletidamente formulada, que permita aos alunos ver as aulas de ciências como relevantes e atrativas (Martins et al., 2017) e os estimule a quererem envolver-se nelas.

Nesse sentido, neste trabalho, opta-se, como estratégia de ensino, por uma abordagem STEM, considerando que esta poderá ter um forte contributo no desenvolvimento cognitivo em alunos, do ensino básico, e nas suas aprendizagens sobre física, mais especificamente sobre eletricidade, preparando-os melhor para os desafios do futuro.

MODELOS PARA CONDUÇÃO DE UMA ABORDAGEM STEM

A implementação de um modelo para a condução de uma de abordagem STEM como estratégia de ensino enfrenta vários desafios. Por um lado, exige uma profunda reestruturação do currículo e das aulas, para fazer face a um sistema educacional baseado numa disciplina rígida e estabelecida (Nadelson & Seifert, 2017; Thibaut et al., 2018) e de equipar as escolas com recursos e vários materiais para os alunos (Stohlmann et al., 2012; Thibaut et al., 2018). Por outro lado, requer professores bem preparados, científica e pedagogicamente, e com conhecimento dos conteúdos das áreas STEM (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016).

Além dos desafios de encontrar recursos e professores com conhecimentos nessas áreas, outro grande desafio, para a implementação da educação integrada em STEM, é chegar a um consenso sobre como deve ser feita a sua aprendizagem e ensino (Thibaut et al., 2018). Thibaut et al. (2018) fizeram uma revisão de literatura sobre estudos relevantes, nos últimos anos, de vários investigadores que forneceram informações detalhadas sobre as unidades de aprendizagem STEM que eles projetaram tendo em conta duas características: a fundamentação teórica e implementação prática. Os mesmos autores (Thibaut et al., 2018) identificaram 5 ideias-chave, na condução de uma abordagem STEM: integração do conteúdo STEM, aprendizagem com foco em problemas, investigação (*inquiry*), projeto (*design*) e trabalho colaborativo, cujas características se apresentam a seguir e que serviram para escolha dos modelos a usar neste estudo.

INTEGRAÇÃO DE CONTEÚDOS

Este modelo pressupõe abordagens que estabelecem relações entre pelo menos duas disciplinas STEM. Essas abordagens poderão ser interdisciplinares, isto é, começam com um

problema ou questão do mundo real e concentram-se no conteúdo e em competências interdisciplinares (por exemplo, o pensamento crítico e resolução de problemas) e não no conteúdo e competências específicos do assunto (Wang, Moore, Roehrig, & Park, 2011), ou multidisciplinares, onde os conceitos e competências específicos da disciplina são aprendidos separadamente, em cada disciplina, e são os alunos que relacionam os diferentes conteúdos (Wang et al., 2011). A abordagem pode ainda ser por: integração de conteúdo, centrada na fusão das disciplinas numa única atividade ou unidade curricular para destacar “grandes ideias” de várias áreas de conteúdo (Roehrig, Moore, Wang, & Park, 2012), ou por integração de contexto, isto é, centrada no conteúdo de uma disciplina usando contextos de outras para criar um conteúdo mais relevante (Roehrig et al., 2012).

Este modelo fomenta a assimilação/integração explícita de conceitos de mais do que uma disciplina, o que para Pearson (2017) “é fundamental porque os alunos não integram espontaneamente conceitos em diferentes representações e materiais por conta própria” (p. 225). Promove ainda a integração curricular com foco no conhecimento do conteúdo e a integração de tecnologia e ligação entre objetivos, princípios, conceitos e capacidades de aprendizagem em domínios específicos da disciplina.

APRENDIZAGEM COM FOCO EM PROBLEMAS

Este modelo sugere o uso de problemas do mundo real vinculados a um contexto envolvente e motivador (Thibaut et al., 2018). Este aparece descrito de modos diferentes em vários artigos, como refere Thibaut et al. (2018): aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos e aprendizagem centrada no problema. Existem, contudo, diferenças específicas entre essas abordagens (Asghar, Ellington, Rice, Johnson, & Prime, 2012).

Na aprendizagem baseada em projetos, os alunos recebem as instruções específicas desejadas para o produto final e os professores tem o papel de treinadores especializados que fornecem diretrizes e sugestões para atingir esse produto final, predeterminado, de maneira mais eficaz (Ashgar et al., 2012). No caso da aprendizagem baseada em problemas não há um produto final predeterminado, são os alunos que identificam e definem o problema, desenvolvendo a suas capacidades de resolução de problemas, passando por um processo realista de resolução de problemas auto-direcionados, onde o professor não fornece orientação específica para a aprendizagem, mas serve como um recurso possível que os alunos

podem usar para atingir o seu objetivo (Ashgar et al., 2012). A aprendizagem centrada no problema será, em relação à orientação do professor, o meio caminho entre a aprendizagem baseada em projetos e a aprendizagem baseada em problemas. Esta concentra-se, principalmente, na aplicação e transferência de conhecimento para contextos realistas, sendo as capacidades de resolução de problemas um resultado adicional. Nesta abordagem é fornecida uma progressão cuidadosa dos problemas e tipos específicos de orientação (Merrill, 2007). Contudo, segundo Thibaut et al. (2018) todas são centradas no aluno, promovem a aprendizagem ativa e defendem o uso de problemas reais.

INVESTIGAÇÃO (*INQUIRY*)

O modelo *inquiry* envolve práticas que recorrem ao uso da investigação. A aprendizagem é baseada em perguntas e os alunos envolvem-se em atividades práticas que lhes permitem descobrir novos conceitos e desenvolver novos conhecimentos (Satchwell & Loepp, citado em Thibaut et al., 2018). A aprendizagem experimental é intencionalmente usada para promover a construção do conhecimento (Wells, 2016) e os alunos são incentivados a testar suas ideias, desmontando, fazendo previsões, observando e registrando as suas explicações (Satchwell & Loepp, citado em Thibaut et al., 2018). São ainda estimulados a questionar os seus conhecimentos atuais, sobre um determinado tema, e a identificar quais os conhecimentos adicionais de que precisam para poderem avançar (Wells, 2016).

Para Wells (2016), questionar é uma parte importante da aprendizagem baseada na investigação, pois inicia toda a construção do conhecimento. Esse conhecimento prévio dos alunos deve ser usado para gerar novas ideias, projetar e conduzir investigações e descobrir novos conceitos. Para além de realizar experiências, os alunos também precisam demonstrar compreensão dos conceitos explorados (Satchwell & Loepp, citado em Thibaut et al., 2018). O papel do professor é fornecer a orientação necessária de modo a que os alunos possam alcançar a mudança conceptual desejada (James, Lamb, Householder, & Bailey, 2000).

Contudo, este tipo de experiências de investigação, quando verdadeiramente autênticas, podem tornar-se grandes desafios para os alunos, sobretudo do ensino básico, devido à falta de experiência e conhecimento, ou porque não atingiram ainda o nível de desenvolvimento cognitivo necessário para o pensamento abstrato que, muitas vezes, é necessário (Lawson; Purser & Renner, citados em Thibaut et al., 2018). Portanto, o uso desta

abordagem requer uma boa orientação, por parte dos professores, através de questões colocadas aos alunos, que os conduzam à descoberta de falhas nos seus raciocínios e/ou nos seus projetos de investigação, ajudando-os a chegar a uma solução (Buck, Bretz, & Towns, 2008).

PROJETO (*DESIGN*)

Este modelo recorre a projetos tecnológicos ou de engenharia (Thibaut et al., 2018) como ferramenta de aprendizagem. Propõe o envolvimento ativo dos alunos nos desafios de um projeto de engenharia promovendo, não só, aprendizagens sobre os processos e práticas de engenharia, como também um aprofundamento na compreensão das ideias centrais disciplinares (Guzey, Moore, & Harwell, 2016; Hernandez et al., 2014; Shahali, Halim, Rasul, Osman, & Zulkifeli, 2017). As atividades que envolvem projetos de engenharia permitem, assim, fortalecer o conhecimento dos alunos sobre ciência, tecnologia e matemática, pois preenchem as lacunas entre o conhecimento de conteúdo factual, o conhecimento abstrato e a aplicação (Riskowski, Todd, Wee, Dark, & Harbor, 2009).

Shahali et al. (2016) referem, que os desafios efetivos do projeto devem ser abertos, autênticos, práticos e multidisciplinares. Devem ainda ser representativos de problemas reais, de modo a que os alunos explorem ou desenvolvam tecnologias, ao mesmo tempo que trabalham com informações incompletas, restrições, segurança, riscos e soluções alternativas (Guzey et al., 2016). O processo de elaboração de um projeto de engenharia deve envolver diferentes fases iterativas como: definir o problema de engenharia, projetar soluções de engenharia, implementar uma solução, testar a solução e avaliar e otimizar a solução (Bryan et al. citados em Thibaut et al., 2018; Wells, 2016). Durante todo o processo, os alunos devem gerir riscos e incertezas, considerar a experiência anterior e aprender com o fracasso (Bryan, et al., citados em Thibaut et al., 2018; Guzey, et al., 2016). Deve ainda, como requisito final, incorporar a justificação do projeto (Bryan et al., citados em Thibaut et al., 2018; Wells, 2016). Os alunos devem ser capazes de demonstrar o que aprenderam ao longo do projeto, justificar suas decisões com base no conhecimento recém-adquirido e fazer recomendações com base nos resultados dos seus testes (Bryan et al., citados em Thibaut et al., 2018; Wells, 2016). A justificação do projeto serve como um mecanismo eficaz para revelar o desenvolvimento do aluno e, portanto, facilita a mudança conceptual (Wells, 2016).

TRABALHO COLABORATIVO

Alguns autores (Roehrig et al., 2012; Stohlmann et al., 2011) enfatizam a importância de, não só, estimular as competências de trabalho em grupo, como também promover as competências de comunicação de forma a incendiar os alunos a comunicar conceitos científicos, pensamento matemático e de engenharia através da leitura, escrita, audição e oralmente (Stohlmann et al., 2011). Ashgar et al. (2012) referem, ainda, a necessidade de estimular a interdependência positiva entre os membros do grupo deixando-os trabalhar em tarefas que eles acreditam ter resolução se todos os membros do grupo contribuírem para o produto final.

O modelo de trabalho colaborativo envolve a promoção do trabalho em equipe e a colaboração com outras pessoas. Thibaut et al. (2018) referem duas abordagens de aprendizagem em pequenos grupos: aprendizagem cooperativa e aprendizagem colaborativa.

Na aprendizagem cooperativa, o professor move-se pelos grupos, observa as interações e intervém quando julga apropriado. Além disso, o professor incentiva os alunos a avaliar o funcionamento do grupo, a fim de melhorar os níveis de participação e desempenho (Matthews, Cooper, Davidson, & Hawkes, 1995). Na aprendizagem colaborativa, os alunos estruturam seu próprio trabalho em grupo sem receber treino formal, em competências sociais, para trabalhar em pequenos grupos. O professor não assume um papel ativo na monitorização dos grupos, deixa que sejam os alunos a resolver os conflitos do grupo por si, direcionando todas as questões para eles (Matthews et al, 1995).

ESTUDOS SOBRE A EDUCAÇÃO STEM

São vários os estudos realizado, nos últimos anos, com os modelos STEM referidos anteriormente. Por exemplo, Roehrig et al. (2012) referem que a integração STEM pode ser implementada com mais êxito quando os professores de matemática e ciências trabalham juntos, numa única sala de aula (co-ensino) ou em salas de aula distintas (ensino de conteúdo com um tema comum). Guzey et al.(2016) usam um modelo de projeto de engenharia para estudar de que forma este contribui para motivação dos alunos. Este estudo explorou, não só, o impacto de um currículo de ciências baseado num projeto de engenharia, na aprendizagem e atitudes dos alunos, (sobretudo em estudantes do ensino especial), mas também investigou o papel da demografia dos alunos (por exemplo, sexo, etnia) na aprendizagem e nas atitudes em relação

ao STEM, demonstrado que os ganhos de desempenho científico dos estudantes, em unidades com foco na engenharia, diferem com base no domínio científico ou nos conceitos científicos da unidade de engenharia. Em todos os casos, houve uma mudança significativa nas atitudes dos alunos. Esses resultados sugerem que as atitudes dos alunos em relação ao STEM foram substancialmente aprimoradas pela sua participação num currículo de projeto de engenharia.

O estudo de Hernandez et al. (2013), realizado com equipas multifuncionais de diferentes áreas STEM, com alunos do ensino básico e secundário (do 9º ao 12º ano), revelou um novo padrão de resultados quando os alunos estão envolvidos a resolver problemas de projetos de engenharia. Os alunos, que inicialmente apresentavam percepções elevadas, relativamente à natureza interdependente dos conteúdos de STEM, mantiveram-nas após uma abordagem STEM integrada. No entanto, estudantes com percepções inicialmente baixas exibiram ganhos positivos significativos, concluindo que esse tipo de intervenção pode funcionar melhor com estudantes que apresentam maior risco de perder o interesse nas disciplinas STEM.

Asghar et al.(2012), no seu estudo, referem as dificuldades dos professores na implementação de um modelo de aprendizagem com foco em problemas. Embora a maioria tivesse a ideia de que os trabalhos requerem prática laboratorial, os professores não tiveram em consideração que a natureza interdisciplinar dos problemas do mundo real poderia ser um instrumento motivador do pensamento interdisciplinar dos alunos.

Wells (2016) propõe o modelo PIRPOSAL, uma estrutura conceptual e pedagógica que serve de guia na implementação, em sala de aula, da educação STEM integrada baseada em investigação (*inquiry*). Esta estrutura serve como base para a transição, dentro e entre as várias fases dos projetos dos estudantes, enquanto eles avançam em direção a uma solução de engenharia que funcionará conforme lhes foi solicitado, tendo em consideração especificações de necessidade social/humana. Essas transições são dinâmicas e fluidas, cativando o foco do aluno por vários intervalos de tempo, desde considerar fugazmente um conceito ou ideia, a períodos mais longos de atenção cuidadosa, dependendo das questões colocadas, refletindo práticas autênticas de projeto que ocorrem de maneira natural e não linear, com base na necessidade de conhecimento.

Haverá, certamente, muitos outros estudos, mas parece consensual que a integração STEM tem vários modelos que, eventualmente, se podem combinar de modo a que os alunos efetivamente entendam conceitos e conteúdos científicos, os relacionem e os apliquem em contextos de engenharia e tecnologia. Para além disso é necessário que se

defina bem o conceito de integração STEM de modo a não criar ambiguidades e os 4 domínios sejam trabalhados de forma integrada.

CAPÍTULO III

UNIDADE CURRICULAR

A proposta deste trabalho incide sobre a subunidade “Corrente elétrica e circuitos elétricos” – da Unidade Curricular: Eletricidade – a trabalhar com alunos do 9.º ano de escolaridade do 3º Ciclo do Ensino Básico. Primeiro, é feito o enquadramento teórico da temática de ensino, eletricidade no contexto curricular, tendo em conta as orientações, as metas curriculares e as aprendizagens essenciais associadas a este tema. Na secção seguinte faz-se, uma contextualização da eletricidade em contexto escolar, e na secção seguinte apresentam-se as concepções prévias dos alunos e as suas principais dificuldades. Por fim, descrevem-se as tarefas propostas no âmbito de uma abordagem STEM, bem como os seus principais objetivos.

ENQUADRAMENTO CURRICULAR

Num século onde a tecnologia e a ciência fazem parte do nosso dia a dia a cada instante, o ensino das ciências, e em particular as ciências físico-químicas, tem um papel fundamental na formação de jovens, cientificamente literatos, de modo a serem capazes de dar resposta às inúmeras solicitações do campo da ciência e tecnologia.

As ciências físico-químicas embora possam estar representadas em todos os níveis de ensino, desde o pré-escolar, só são introduzidas como disciplina no 3.º Ciclo do Ensino Básico. Durante os três anos do ciclo, do 7.º ao 9.º ano de escolaridade, a disciplina de Ciências Físico-Químicas segue as orientações de três documentos principais: as Orientações curriculares (Galvão et al., 2001), as Metas curriculares (Fiolhais et al., 2014) e, mais recentemente, as Aprendizagens Essenciais (MEC, 2018). O primeiro documento (Galvão et al., 2001), organizado por temas orientadores, centra-se nas competências a desenvolver nos alunos, para além do conhecimento científico como: o raciocínio, comunicação e atitudes, que tornam o aluno capaz de intervir na sociedade em questões de natureza científica (A. Silva, 2018), isto é, as propostas visam o desenvolvimento da literacia dos alunos, sugerindo que as suas aprendizagens decorram numa ambiente interdisciplinar de acordo com os ritmos dos alunos e a gestão curricular seja feita pela escola e grupo de professores (Galvão et al., 2001). O segundo documento (Fiolhais et al., 2014), dividido em domínios e subdomínios, traduz um conjunto de

aprendizagens que se consideram essenciais (em cada domínio e subdomínio) e que os alunos devem alcançar podendo-se, contudo, ir mais além. Por fim, o documento das Aprendizagens Essenciais, tendo em vista o perfil do aluno à saída do ensino secundário (MEC, 2018), vai ao encontro dos dois documentos anteriores. Por um lado, visa dotar os alunos “de competências ao nível da literacia científica que lhes permitam a mobilização de processos e fenómenos científicos para a tomada de decisão, conscientes das implicações da Ciência no mundo atual, de forma a exercer uma cidadania participada” (MEC, 2018, p.2) e, por outro, permitir-lhes aprofundar conhecimentos prosseguindo os estudos, no Ensino Secundário. As Aprendizagens Essenciais sugerem ainda uma forte componente de trabalho prático (laboratorial e experimental), de cariz colaborativo (em grupo), por forma a desenvolver: o raciocínio, a criatividade e a capacidade de resolver problemas (observação, formulação de hipóteses e interpretação); a capacidade de comunicar as suas aprendizagens oralmente e por escrito usando vocabulário científico; a sua autonomia; o seu desenvolvimento pessoal e as relações interpessoais (MEC, 2018). As aprendizagens Essenciais são apresentadas de uma forma mais geral e sucinta, semelhante ao proposto nas do que nas Orientações Curriculares (Galvão et al., 2001) mas indo também de encontro às Metas Curriculares (Fiolhais et al., 2014).

Seguindo a terminologia das Aprendizagens Essenciais (MEC, 2018), o domínio organizador escolhido para as intervenções, que serão alvo de estudo neste relatório de prática supervisionada, foi a “Eletricidade”, mais concretamente o subdomínio, “Corrente elétrica e circuitos elétricos”, que se insere no tema organizador, “Viver melhor na Terra” (Galvão et al., 2001), que é proposto para leção no 9.º ano de escolaridade, na componente de Física da disciplina.

A ELETRICIDADE NO CONTEXTO CURRICULAR

Estando a eletricidade cada vez mais presente, no nosso dia a dia, em todos os setores da atividade humana, desempenhando, atualmente, um papel fundamental no desenvolvimento social, tecnológico (Fiolhais et al., 2014; Galvão et al., 2001; MEC, 2018) e científico, faz cada vez mais sentido que este domínio seja abordado e explorado pelos alunos, de modo a que estes conheçam os princípios básicos de eletricidade e as suas aplicações, como é produzida e distribuída e quais as alternativas mais ecológicas para a sua produção, sem esquecer o bem estar que esta proporciona e as regras de segurança na utilização de materiais e dispositivos elétricos (MEC, 2018).

Assim, seguindo os documentos orientadores já referidos, o domínio “Eletricidade”, e mais especificamente o subdomínio “Corrente elétrica e circuitos elétricos”, que vai ser alvo de estudo neste trabalho, propõe que os alunos: compreendam a necessidade, o impacto e a importância da eletricidade, no seu dia a dia, bem como os perigos que ela acarreta; tomem contacto e explorem circuitos elétricos simples; compreendam o seu funcionamento; planeiem e montem circuitos simples com associações em série e em paralelo, esquematizando-os com recurso a simbologia adequada; conheçam as grandezas que estão associadas à eletricidade (corrente elétrica, tensão elétrica, resistência) e saibam medi-las, usando aparelhos de medida adequados (voltímetros, amperímetros, ohmímetros ou multímetros), e ainda como se comporta a corrente elétrica e a tensão elétrica em associações em série e em paralelo (Fiolhais et al., 2014; Galvão et al., 2001; MEC, 2018).

O esquema organizador, da figura 3.1, apresenta a organização dos tópicos relativos ao domínio “eletricidade”, bem como, os conteúdos a desenvolver com os alunos no subdomínio “Corrente elétrica e circuitos elétricos” e a forma como se relacionam, tendo em conta a abordagem STEM. Está dividido em duas partes: uma parte onde se pretende que os alunos adquiram aprendizagens no domínio da eletricidade (caixa laranja) e a outra parte, onde se pretende que os alunos, em colaboração com a disciplina de TIC, se envolvam na realização de um projeto - “ Missão Marte 2020” - onde apliquem as aprendizagens adquiridas, na produção e programação de um robô.

O esquema organizador começa por identificar a tema principal, a eletricidade. Na primeira caixa (a laranja), identifica-se a abordagem STEM contextualizada na “Engenharia Reversa”, com recurso a um artefacto elétrico, a “caixa mistério”, a partir da qual se vão realizar as intervenções. O Subdomínio “Corrente elétrica e circuitos elétricos” está dividido em dois ramos. O ramo “circuitos elétricos”, onde serão abordados e explorados conteúdos relativos aos circuitos elétricos como: a sua composição, esquematização e simbologia associada, e os tipos de associação presentes nos circuitos elétricos, série e paralelo. No segundo ramo, “corrente elétrica”, exploram-se conteúdos relativos à corrente elétrica: o que é a corrente, como se gera, por onde circula (bons e maus condutores); a relação com a tensão e a resistência, bem como, os aparelhos de medida e as unidades associadas às respetivas grandezas.

O esquema mostra ainda a ligação dos dois ramos no que respeita à circulação da corrente elétrica e da tensão elétrica aos terminais dos vários componentes, nos diferentes tipos de associação.

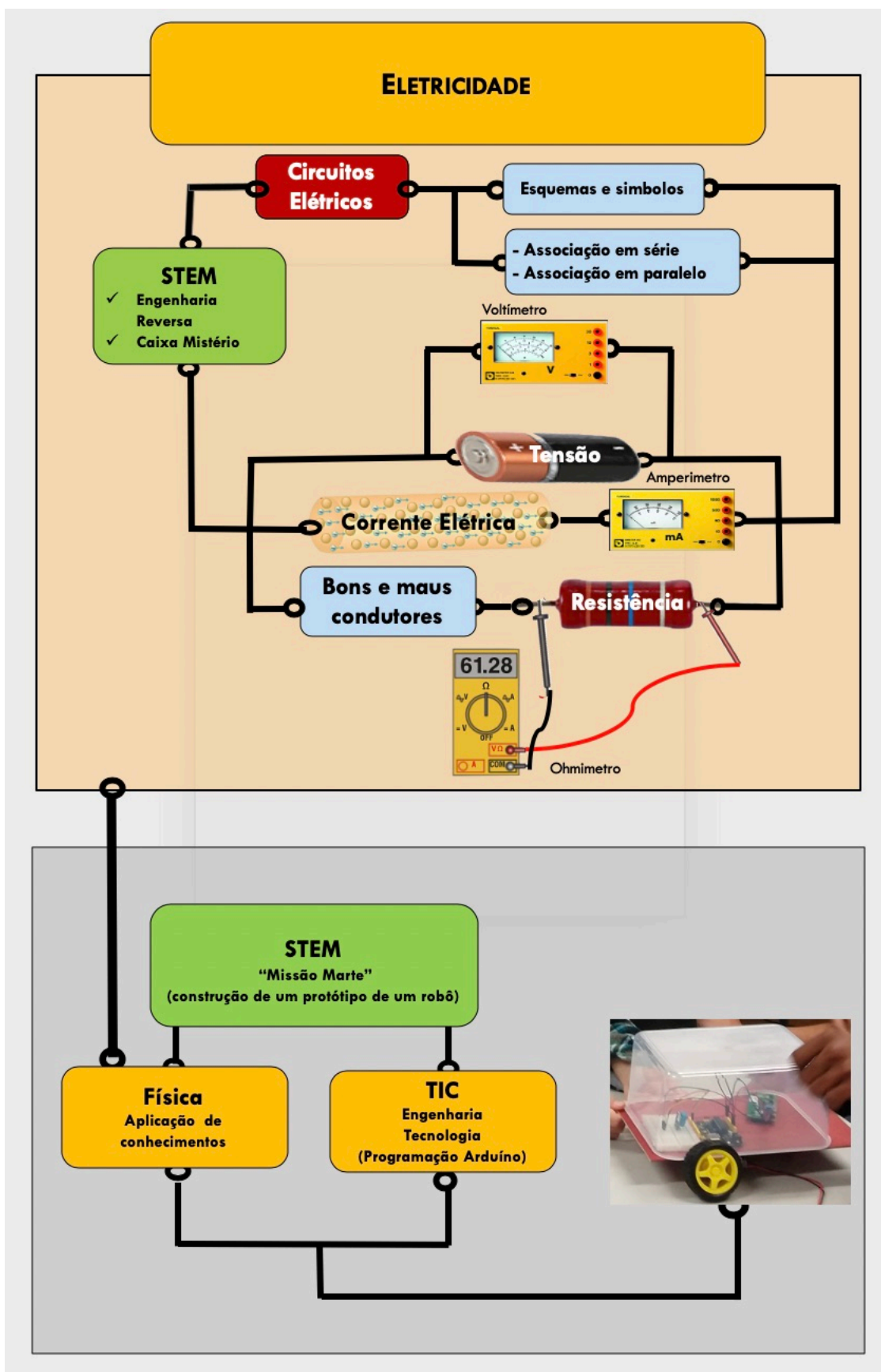


Figura 3.1: Esquema organizador dos conteúdos subunidade “Corrente elétrica e circuitos elétricos” da unidade curricular eletricidade.

Por fim, com os conhecimentos adquiridos e recorrendo a uma abordagem STEM integrada, os alunos, em colaboração com as aulas de TIC envolvem-se num projeto STEM, intitulado “Missão Marte 2020” (caixa cinza), com objetivo de construir um robô e de programar algumas funcionalidades (movimento de rodas, sensor de temperatura e humidade e sensor ultrassónico), mostrando também as suas competências neste domínio.

PRINCIPAIS DIFICULDADES DOS ALUNOS NA UNIDADE ELETRICIDADE

A eletricidade é, geralmente, um assunto em que os alunos apresentam muitas dificuldades ao nível da compreensão de conceitos (C. Silva, 2016). Este facto é, em parte, devido às conceções alternativas, isto é, ideias prévias, resultantes das experiências diárias, que os alunos trazem consigo e com as quais interpretam o mundo. Estas ideias tornam-se, muitas vezes, um fator de resistência à mudança e a novas aprendizagens (Silva & Batista, 2016). “Estas experiências diárias do foro informal – sensorial, linguístico, ou cultural – ou formal, e que divergem erroneamente dos conceitos aceites pela comunidade científica” (Driver, Guesne & Tiberghien; Gravina & Buchweitz; Menino & Correia, citados em Silva & Batista, 2016, p.2) são muitas vezes difíceis de desconstruir, sobretudo, nos níveis básicos de ensino.

No caso particular da eletricidade, segundo Silva e Batista (2016), os alunos apresentam grandes dificuldades em diferenciar conceitos básicos como corrente, diferença de potencial e energia, assistindo-se, por vezes, à utilização destes termos como sinónimos ou utilizados de forma errónea. Duit, Niedderer, Schecker, e Höttecke, (2007) e Duit e von Rhoneck (1998), referem, por exemplo, que os alunos do ensino básico estabelecem uma relação causal entre as lâmpadas e a bateria num circuito, onde a eletricidade ou corrente elétrica é o agente da causa-efeito, isto é, essa eletricidade é armazenada na bateria e consumida pela lâmpada. Outros alunos pensam que basta um fio entre a bateria e a lâmpada para que circule a corrente e que um segundo fio só serve para levar mais corrente à lâmpada. Outros alunos acreditam que existem dois tipos de corrente, “mais” e “menos”, que circulam, respetivamente, um de cada lado da pilha para a lâmpada e que ao encontrarem-se na lâmpada chocam entre si produzindo o brilho que lâmpada emite, “corrente de choque” (Osborne, citado em Duit & Von Rhoneck,

1998), ou que esse brilho resulta de uma espécie de reação química (Duit & Von Rhoneck, 1998).

Para Keeley e Harrington (2014), “compreender o movimento da carga elétrica através de fios ligados a pilhas exige que os alunos façam algumas suposições simples, como a crença de que há um fluxo e a crença de que o brilho de uma lâmpada é um indicador da quantidade de fluxo.” (p.4). Um problema que em muitos casos, pode estar relacionado com a falta de compreensão, por parte dos alunos, do que está a fluir, e que há conservação de carga (Keeley & Harrington, 2014). Vários autores (Duit & Von Rhoneck, 1998; Lee & Law, 2001; Shipstone, et al., 1988) referem que mesmo após a instrução os alunos mantêm a conceção de que a corrente é consumida, o que explica o facto de a bateria ficar “vazia”.

Outros autores (Duit et al., 2007; Duit & von Rhoneck, 1998; Gravina & Buchweitz, 1994; Keeley & Harrington, 2014) descrevem o que chamam de raciocínio local, isto é, os alunos concentram a sua atenção num ponto do circuito e ignoram o que acontece noutro lugar, dando ainda como exemplo o facto de os estudantes considerarem a bateria uma fonte de corrente constante e não uma fonte de tensão constante.

“Um dos conceitos mais difíceis em eletricidade básica é o conceito de tensão ou de diferença de potencial.” (Duit & Von Rhoneck, 1998, p. 4). Antes de ser introduzido o conceito de tensão os alunos associam-na à "força de uma bateria" ou "intensidade ou força da corrente" (Duit & Von Rhoneck, 1998; Lee & Law, 2001; Shipstone et al., 1988), conceção que muitos mantêm, usando o conceito de tensão como sendo aproximadamente igual ao conceito de corrente.

Para o professor, ter conhecimento destas conceções alternativas torna-se numa ferramenta importante no sentido de servir de base para a preparação de material educativo, com significativo potencial, de modo a permitir a aprendizagem de conceitos científicos (Gravina & Buchweitz, 1994).

SEQUÊNCIA DE TAREFAS

Para dar cumprimento ao proposto no esquema organizador da Figura 3.1, seguindo uma abordagem STEM, são construídas ou adaptadas do projeto Let's GoSTEM cinco tarefas (Apêndice B) e os respetivos planos de aula (Apêndice A), usando um contexto principal, real e atual, a Engenharia Reversa, e contextos secundários introdutórios, com recurso a bandas desenhadas que remetem para cada conteúdo que se pretende abordar, tendo em conta os

documentos orientadores (Galvão et al., 2001; Fiolhais et al., 2014; MEC, 2018), embora não necessariamente pela ordem em que são propostos, tentando sempre que estejam presentes os quatro domínios do STEM.

Deste modo, esta sequência de tarefas apresenta um tema principal, com base num contexto real, relacionado com a engenharia e a tecnologia, a Engenharia Reversa. O ponto de partida é um artefacto, a “caixa mistério” (Figura 3.1), que contém um circuito elétrico com associação de lâmpadas em série ou em paralelo (consoante a caixa). A “caixa mistério” é usada nas tarefas propostas, para abordar conteúdos como: elementos que compõem um circuito elétrico com associação em série e em paralelo; representação esquemática e simbologia associada na sua representação; condutibilidade elétrica; corrente elétrica, tensão elétrica e respetiva circulação em associações em série e em paralelo; resistência e o seu papel num circuito elétrico; as grandezas associadas, as suas unidades, e a medição destas grandezas utilizando os aparelhos de medida: amperímetro, voltímetro e o ohmímetro.

As quatro primeiras tarefas são de cariz investigativo, e os contextos utilizados, estão relacionados com aspetos da ciência (S), da engenharia (E) e da tecnologia (T), procurando ser familiares aos alunos e alusivos a problemas reais. Para além disso, ainda que em cálculos simples é usada a matemática (M), nas medições da corrente e tensão nos circuitos. Estas quatro tarefas tem por base uma abordagem *inquiry* (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008), com recurso a multirrepresentações (Ainsworth, 1999), tentando sempre que possível seguir o modelo dos 5Es – *Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration e Evaluation* (Bybee, et al., 2006), embora a componente da avaliação não tenha estado presente. Iniciam sempre com uma problemática, contextualizada por um texto ou em banda desenhada que incentive os alunos, à exploração, investigação ou planeamento de experiências, com vista a dar resposta ou a comprovar/refutar um problema colocado. A quinta tarefa propõe que os alunos, usando as competências e aprendizagens adquiridas durante a unidade de eletricidade (Ciência), construam um dispositivo (robô), em colaboração com a disciplina de TIC. Nesta tarefa, pretende-se que os alunos sejam confrontados com um problema de engenharia – a construção de um protótipo de um robô com recurso à tecnologia (programação Arduino) – ao qual têm de dar resposta. Os alunos colaboram em grupo, trabalhando assim as relações interpessoais. No Quadro 3.1, apresentam-se as tarefas e os seus objetivos principais.

Quadro 3.1: Tarefas propostas para abordar o subdomínio “Corrente elétrica e circuitos elétricos” e respectivos objetivos principais.

Tema	Tarefas	Objetivos principais
Engenharia Reversa	Parte I – Circuitos elétricos: Associação em Série e em Paralelo	<ul style="list-style-type: none"> - Explorar circuitos elétricos simples e identificar os seus componentes; - Distinguir circuito aberto de circuito fechado; - Planificar e montar circuitos elétricos simples, com associação em série ou em paralelo, esquematizando-os. - Compreender o funcionamento de um circuito elétrico.
	Parte II – Porque usamos condutores de cobre?	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e distinguir bons e maus condutores de corrente elétrica; - Identificar e escolher o melhor condutor tendo em conta características do material (condutibilidade, ductilidade), a que se destina, o valor comercial e a sustentabilidade do meio ambiente.
	Parte III – Corrente elétrica e Tensão: como se distribui e como se mede?	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer aparelhos de medida de tensão e corrente elétrica; - Medir grandezas físicas elétricas (tensão elétrica, corrente elétrica) recorrendo a aparelhos de medida e usando as unidades apropriadas; - Verificar como varia a tensão e a corrente elétrica nas associações em série e em paralelo e relacionar correntes elétricas em diversos pontos e tensões elétricas em circuitos simples.
	Parte IV – Resistência elétrica	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer a função das resistências em circuitos elétricos; - Medir resistências recorrendo a aparelhos de medição usando a unidade adequada.
Missão Marte 2020	Projeto construção de um robot com recurso a circuitos elétricos e programação.	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar conhecimentos adquiridos, sobre eletricidade para criar um artefacto elétrico.

DESCRIÇÃO DAS TAREFAS

Tarefa 1: Engenharia Reversa (Parte I)

A primeira tarefa (Apêndice B, Tarefa 1) tem como objetivo introduzir os circuitos elétricos, planificar e montar circuitos elétricos simples, com associação de recetores em série e em paralelo e esquematizá-los, tendo em conta a abordagem STEM. Neste sentido, a tarefa é introduzida usando o contexto da Engenharia Reversa, isto é, partindo de um artefacto elétrico já existente, os alunos são levados a tentar perceber como este funciona, desmontando-o.

Assim, cada grupo de alunos, para além de um texto introdutório explicativo do que é a Engenharia Reversa, vai ter ao seu dispor uma “caixa mistério” (Figura 3.2), contendo um circuito elétrico, que pode ser uma associação de lâmpadas em série ou uma associação de lâmpadas em paralelo. Na primeira parte da tarefa, assumindo o papel de um grupo engenheiros, técnicos e eletricitas, vão explorar a “caixa mistério” e tentar compreender como funciona, quais os elementos que a compõem e desenhar o circuito que se encontra dentro dela.

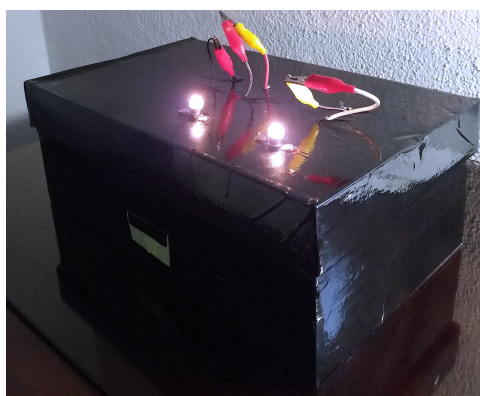


Figura 3.2: “Caixa mistério”.

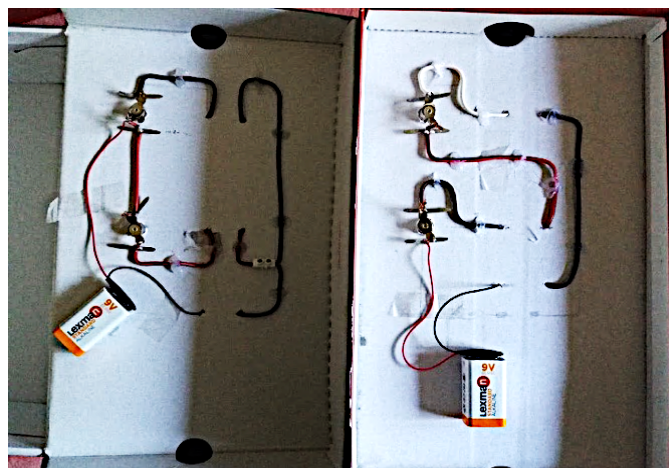


Figura 3.3: Interior da Caixa mistério – Associação em paralelo (esquerda) e Associação em série (direita).

Após desenharem os circuitos das caixas mistérios está planeado um momento para poderem apresentar os resultados obtidos pelos grupos (Apêndice A), aproveitando, não só, para introduzir o conceito de esquema elétrico e a sua simbologia, mas também para dar a conhecer a sua importância e utilidade.

Num segundo momento, após ser-lhes apresentado os esquemas elétricos a sua simbologia e a importância da sua função, os alunos vão reproduzir experimentalmente, no laboratório, o circuito que encontraram dentro da sua caixa mistério e testar o seu funcionamento. Assim, os alunos vão ter oportunidade de contactar com material elétrico, esquematizar e montar circuitos elétricos simples e identificar as funções de cada componente no circuito. Na Figura 3.4 estão esquematizados os vários momentos da tarefa e os objetivos que se pretende alcançar.



Figura 3.4: Tarefa I e os principais objetivos tendo em conta as Orientações Curriculares, as Aprendizagens Essenciais e a abordagem STEM.

No final, através de comunicação oral, de cada grupo, de um resumo com as principais aprendizagens sobre circuitos, com destaque para as semelhanças e as diferenças encontradas em cada caixa, é feita a sua análise e discussão em conjunto. Na síntese final, identificam-se os tipos de associação de componentes (lâmpadas) em série e em paralelo, presentes nas caixas mistério, bem como as suas principais diferenças nas ligações e no funcionamento, recorrendo a alguns exemplos do dia a dia onde se podem observar.

Tarefa 2: Engenharia Reversa (Parte II)

A segunda tarefa (Apêndice B, Tarefa 2) tem como principal objetivo identificar e distinguir bons e maus condutores elétricos. Para tal, na contextualização do problema, é usada uma banda desenhada, que mostra uma conversa entre dois amigos, na qual, um deles coloca a seguinte questão: “*Porque é que se usam condutores de cobre nos circuitos elétricos e não de*

outro material?”. Após a decisão dos dois amigos de investigarem, os alunos têm como tarefa ajudar as personagens da banda desenhada a planificarem uma experiência, usando a caixa mistério, que permita testar diferentes materiais. Pretende-se que os alunos façam uma lista de diferentes materiais que tenham consigo, planifiquem uma experiência para testá-los usando a caixa mistério e realizem a experiência observando o comportamento de cada material sujeito ao teste. Depois de testarem os diferentes materiais é pedido que eles identifiquem os materiais bons condutores e isoladores (Apêndice B, Tarefa 2 e planificação de aula, Apêndice A), identificando o critério da sua seleção.

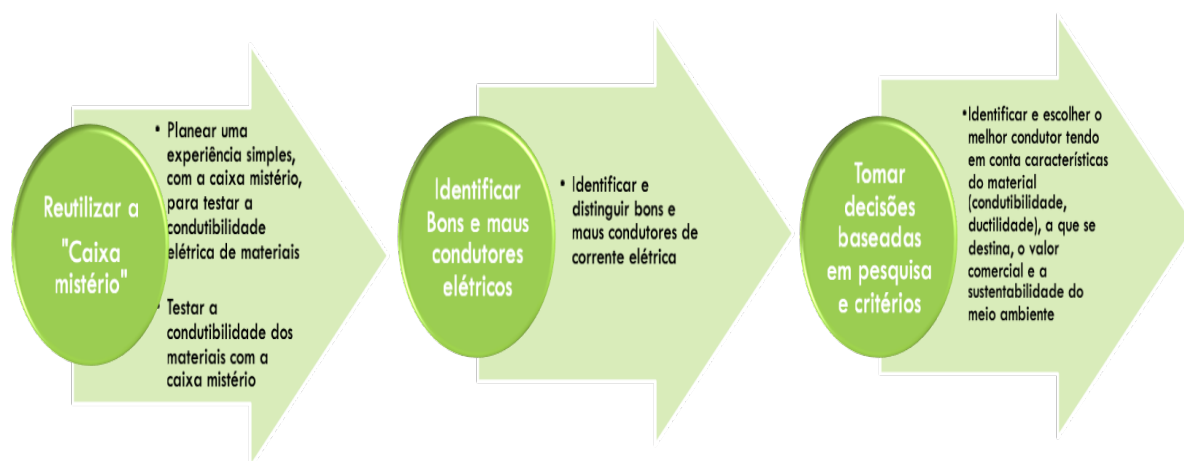


Figura 3.5: Tarefa II e os principais objetivos tendo em conta as Orientações Curriculares, as Aprendizagens Essenciais e a abordagem STEM.

No final é realizada uma discussão conjunta, onde os vários grupos apresentam a sua planificação da experiência e os resultados obtidos, discute-se a diferença entre bons condutores e isoladores e por fim faz-se uma síntese das aprendizagens, deixando no ar a questão problema que será respondida num segundo momento da tarefa (Figura 3.5).

No segundo momento da tarefa (Apêndice B, Tarefa 2), é pedido aos alunos que realizem uma pesquisa, com recurso às TIC, que pretende conduzi-los à resposta ao problema (Figura 3.5). Com esta pesquisa pretende-se que os alunos identifiquem e escolham o melhor material para a produção de condutores elétricos tendo em conta três critérios: a condutibilidade, o valor comercial e a facilidade na produção de fios longos e de pequeno diâmetro. No final, cada grupo apresenta os seus resultados e discute-se, em conjunto, qual o melhor material para a produção de fios e cabos condutores elétricos, tendo em conta os critérios propostos e justificando a escolha. Esta discussão termina com a sistematização das aprendizagens, como está previsto no plano de aula (Apêndice A).

Tarefa 3: Engenharia Reversa (Parte III)

A terceira tarefa (Apêndice B, Tarefa 3) tem como principais objetivos o estudo da corrente elétrica e da tensão elétrica; as grandezas e respectivas unidades, SI, associadas à corrente elétrica e tensão elétrica; e o comportamento da corrente elétrica e da tensão elétrica nos circuitos elétricos com associação de componentes em série e paralelo.

Esta tarefa é contextualizada através da continuação da conversa entre as personagens da banda desenhada da tarefa anterior, que colocam mais uma questão relacionada com o diferente brilho das lâmpadas, das caixas mistérios. Uma das personagens coloca a hipótese de o brilho estar relacionado com a corrente elétrica e com a tensão elétrica. A tarefa dos alunos é ajudá-los a confirmar ou refutar esta hipótese.

O plano de aula (Apêndice A) propõe uma breve apresentação dos conceitos de corrente elétrica e de tensão elétrica, fazendo uma demonstração com um circuito elétrico no simulador *online*, PHET (da Universidade do Colorado). Aproveita-se também este recurso para apresentar os aparelhos de medida usados para medir as grandezas corrente e tensão, o amperímetro e o voltímetro, e a sua simbologia de representação em esquemas. Explica-se ainda como devem ser ligados no circuito elétrico para poder medir as grandezas corretamente e sem danificar os aparelhos de medida. A tarefa inicia-se com o preenchimento de um quadro com a informação relevante acerca dos aparelhos de medida e respetiva ligação no circuito, seguida pelo desenho dos esquemas elétricos dos circuitos, das caixas mistério, introduzindo os aparelhos de medida nos locais apropriados.



Figura 3.6: Tarefa III e os principais objetivos tendo em conta as orientações curriculares, as aprendizagens essenciais e a abordagem STEM.

Depois de desenharem os esquemas, os alunos iniciam a componente laboratorial da tarefa onde se pretende que, seguindo o esquema que desenharam, usando as caixas mistérios e os aparelhos de medida ligados conforme os seus esquemas, meçam e façam o registo da

corrente e da tensão em vários pontos do circuito. Pede-se ainda que registem outras observações que possam achar importantes como, por exemplo, o brilho das lâmpadas. No final das medições os vários grupos dão a conhecer os seus resultados confrontando-os com os restantes grupos, uma vez que, metade dos grupos tem um circuito com associação de lâmpadas em série e a outra metade um circuito com associação de lâmpadas em paralelo.

Por fim, os alunos analisam os seus dados e tiram conclusões acerca da distribuição da corrente elétrica e da tensão elétrica nos dois circuitos (Figura 3.6). Para concluir a tarefa discutem-se dos resultados, em grupo, e tiram-se conclusões, sistematizando as aprendizagens. Para consolidar as aprendizagens os alunos resolvem uma questão de aplicação.

Tarefa 4: Engenharia Reversa (Parte IV)

A quarta tarefa (Apêndice B, tarefa 4) tem como principais objetivos: estudar o papel da resistência elétrica num circuito elétrico e a relação com a corrente e a tensão; conhecer a sua unidade de medida e o respetivo aparelho que permite medi-la e reconhecer a função das resistências nos circuitos. Nesta tarefa recorre-se a um pequeno texto introdutório que pretende ajudar os alunos a compreender o conceito de resistência elétrica.

Antes de iniciar a tarefa, introduz-se o conceito de resistência, com recurso a um *PowerPoint*, relembrando outros conceitos importantes, corrente elétrica e tensão elétrica, com os quais a resistência se relaciona (Apêndice A). Refere-se, sem grande detalhe, a Lei de Ohm. É também referida a unidade de medida, da resistência elétrica, no Sistema Internacional (SI), e o instrumento de medida usado para a medir, o ohmímetro (ou multímetro), bem como a simbologia associada. É, ainda, apresentado aos alunos o código de cores usado na identificação do valor de resistências elétricas (e respetiva tolerância) e explica-se aos alunos como usá-lo (Figura 3.7).



Figura 3.7: Tarefa III e os principais objetivos tendo em conta as orientações curriculares, as aprendizagens essenciais e a abordagem STEM.

Após esta introdução são distribuídas várias resistências, de diferentes valores, e os alunos iniciam a tarefa lendo, a partir do código de cores, o valor da resistência e a respetiva tolerância, indicando o intervalo de valores mais provável para cada uma delas. Depois medem com um multímetro, aos terminais das resistências o seu valor e fazem a sua comparação, tirando conclusões sobre os valores obtidos. Devem concluir que o valor lido se encontra dentro do intervalo de valores que obtiveram a partir do código de cores.

Por fim, os alunos usam a caixa mistério para testar a influência da resistência nos circuitos, por observação da variação do brilho das lâmpadas, quando usam as diferentes resistências. Devem ainda observar o aquecimento das resistências, quanto maior é o seu valor. É ainda proposto aos alunos que escolham a resistência que acham mais adequada para manter o brilho das lâmpadas sem que elas fundam, ou não acendam, apresentando a respetiva justificação. A tarefa será discutida em grupo, apresentando-se os resultados e conclusões obtidas pelos grupos. No final, será feita uma sistematização das aprendizagens.

Tarefa 5: Missão Marte 2020

A tarefa 5 (Apêndice B, Tarefa 5) recorre também a uma abordagem STEM, com ênfase nas componentes: ciência, engenharia e tecnologia. Tem como objetivos: aplicar conhecimentos adquiridos, sobre eletricidade para construir um artefacto elétrico aleando as componentes de engenharia e tecnologia das aulas de TIC. A tarefa tem o formato de um projeto de engenharia e decorre nas aulas de TIC, estando previstas 5 aulas (de 45 minutos). Os alunos são agrupados por turno e cada turno executa o seu projeto. No início da tarefa faz-se a contextualização do tema “*Missão Marte 2020*”, da *NASA*. Os alunos assistem a alguns vídeos que mostram os vários tipos de robôs criados pela *NASA* e algumas das suas funcionalidades. Após a visualização dos vídeos é pedido aos alunos que identifiquem algumas das funcionalidades dos robôs mostrados nos vídeos (Apêndice B, Tarefa 5). De seguida, a professora de TIC faz a apresentação dos vários componentes elétricos e eletrónicos que podem ser usados na construção do protótipo explicando a função de cada um.

Os alunos recebem um *kit* com os diferentes componentes e, em grupo, iniciam os seus projetos que passam por várias fases: planificação e desenho (esboço), montagem dos circuitos, com consulta de esquemas elétricos e programação de sensores (ultrassónico, de temperatura e humidade) e do movimento das rodas, até chegarem ao produto final (forma e estética).

Durante o processo, vão debater-se com várias decisões que incluem, não só, os conhecimentos sobre eletricidade, programação do microprocessador *Arduino* para as

funcionalidades do sensor de temperatura e humidade, do sensor ultrassónico e do movimento das rodas, mas também problemas de ordem estética, funcional e de engenharia, dando cumprimento à abordagem STEM baseada em projeto de engenharia. No final, os alunos fazem medições da corrente elétrica, tensão e resistência, em vários pontos do circuito que montaram, aplicando as suas aprendizagens sobre eletricidade e a demonstração das funcionalidades que programaram no seu robô. Está ainda previsto um concurso para eleger o melhor robô, tendo em conta a criatividade o seu funcionamento, relativamente as funções anteriormente mencionadas.

CAPÍTULO IV

MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

A metodologia de investigação utilizada neste estudo é qualitativa. e, portanto, neste capítulo, faz-se uma breve descrição deste método de investigação. O capítulo está organizado em quatro secções. Na primeira secção é caracterizada a metodologia de investigação qualitativa utilizada neste trabalho. Na secção seguinte faz-se uma apresentação dos participantes, através da caracterização da escola e da turma. Na terceira secção são descritos os instrumentos de recolha de dados que são utilizados, mais precisamente, o WAT (*Word Association Test*), a observação e as notas de campo, os registos escritos e registo fotográfico. Na última secção deste capítulo é descrito como são analisados os dados obtidos durante a intervenção, incluindo-se um quadro onde se apresentam as categorias e subcategorias de análise, organizadoras da apresentação de resultados, relativas a cada uma das questões orientadoras.

MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

Na investigação em educação, os objetos de estudo são, na sua grande maioria, processos humanos e sociais, bastante abrangentes, dinâmicos e com fortes interligações (Afonso, 2005). O mesmo autor refere que dada a complexidade desses objetos de estudo é difícil fazer uma análise quantitativa, uma vez que estes não são lineares, objetivos, ou mensuráveis nem possibilitam observar uma tendência.

Para melhorar a compreensão de realidades tão complexas o investigador opta por realizar uma investigação qualitativa, no local, de modo a compreender os significados atribuídos pelos sujeitos às suas ações, num dado contexto (Afonso, 2005). Em vez de mensurar, procura interpretar e compreender a realidade tal como ela é experienciada pelos sujeitos ou grupos a partir do que pensam e como agem (Craveiro, 2007), tendo em conta, por exemplo, os seus valores, as suas crenças, as suas opiniões, as suas atitudes, os seus hábitos e representações.

Os dados recolhidos são ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas, sendo, por isso, de complexo tratamento estatístico. Estes dados são designados por dados qualitativos, uma vez que, “as questões a investigar não se estabelecem

mediante a operacionalização de variáveis, sendo, outrossim, formuladas com o objetivo de investigar os fenómenos em toda a sua complexidade e em contexto natural” (Bogdan & Biklen, 1994, p. 16)

Segundo Bogdan e Biklen (1994), na investigação qualitativa, o investigador introduz-se no meio que pretende estudar (escolas, bairros, família, etc.) e tenta elucidar-se relativamente às questões em estudo fazendo recolha de dados (transcrições de entrevistas, notas de campo, memorandos, documentos pessoais e outros registos oficiais) ou imagens (fotografias e vídeos), com a preocupação de descrever detalhadamente. O que importa é o processo (“como aconteceu”), isto é, perceber o modo como as expectativas se traduzem nas atividades, procedimentos e interações diários. Os dados são analisados de forma indutiva, ou seja, os dados ou provas não são recolhidos com objetivo de confirmar ou infirmar hipóteses previamente construídas, pelo contrário, as abstrações são construídas à medida que os dados particulares recolhidos se vão agrupando. Portanto, o significado é de importância vital na abordagem qualitativa, dando-se importância ao “porquê” e ao “o quê”.

Contudo, a abordagem qualitativa apresenta algumas limitações nomeadamente a sua dependência nas competências do investigador e a influência da sua subjetividade no estudo. Uma outra limitação é a de não ser tão fácil ser aceite para potenciar uma generalização, dada a sua abordagem demasiado específica (Denzin & Lincoln, 1998).

Neste trabalho de cariz investigativo, optou-se por seguir uma metodologia investigação qualitativa. Salienta-se que, embora a análise dos dados seja maioritariamente qualitativa, o tratamento dos dados fornecidos pelo teste WAT, pré e pós intervenção, implica uma quantificação na frequência das respostas. Para responder às outras duas questões, relativas às aprendizagens e às dificuldades dos alunos, o estudo centra-se na análise de conteúdos de observações, registos escritos dos alunos e registos fotográficos, visto que se pretende descrever as aprendizagens realizadas e as dificuldades sentidas pelos alunos e qual a sua natureza, conceptual ou processual.

PARTICIPANTES

CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA

A escola situa-se num bairro do centro de Lisboa. Está rodeada por um complexo de prédios de habitação, com lojas, cafés e restaurantes, mercado e supermercados e uma escola

básica, pertencente ao mesmo agrupamento de escolas. É uma zona servida por uma boa rede de transportes, que param junto à escola ou na sua proximidade. A escola tem uma oferta de ensino diversificada que vai desde o 7.º ao 12.º ano, no ensino regular, cursos profissionais e cursos de formação de adultos (EFA e RVCC). Atualmente, a escola tem cerca de 1000 alunos, provenientes, maioritariamente, das várias freguesias da cidade, no entanto, há também um crescente número de alunos estrangeiros, vindos sobretudo dos países PALOP.

O corpo docente pertence, maioritariamente, ao quadro definitivo, contudo, tem vindo a diminuir devido ao elevado número de docentes que têm saído por aposentação, sem a devida reposição. Devido ao facto de ser um corpo docente envelhecido e beneficiar de reduções de horário ou desempenharem cargos ou funções específicas na escola, estes professores, asseguram menos de metade da componente letiva.

Quanto às instalações interiores, apresenta salas de aula num estado razoável, a maioria, com projetor, e, geralmente, cada turma tem uma sala atribuída, onde tem aulas diariamente. Em particular, no caso das ciências, existem 4 laboratórios (física e química e biologia geologia) que apresentam algum material em boas condições, para realização de atividades experimentais de alguns tópicos. No entanto, as verbas para manutenção e reposição de material são escassas e por isso têm dificuldades em repor e fazer a manutenção dos recursos.

Para além da oferta formativa já mencionada, a escola oferece outras atividades extracurriculares, nomeadamente, apoio ao estudo para preparação de provas e exames, programas de tutoria/mentoria para alunos em mudança de ciclo e com mais de 15 anos, e acompanhamento a alunos com dificuldades nas aprendizagens. Este agrupamento é ainda caracterizado por uma forte abertura ao exterior, participando em projetos de parceria com diversas entidades externas como complemento fundamental aos projetos de promoção do sucesso educativo e desenvolvimento profissional docente e não docente.

CARACTERIZAÇÃO DA TURMA

Os participantes, deste estudo, são alunos do 9.º ano de escolaridade, de uma escola situada na cidade de Lisboa. A turma é constituída por 23 alunos, dos quais, nove são raparigas e catorze são rapazes, cuja média de idades se situam entre os 13 e os 17 anos. A turma tem três alunos de origem estrangeira, mas já nasceram em Portugal ou iniciaram a sua escolaridade em Portugal. Em termos económicos, tem cinco alunos beneficiários de apoio ASE (escalões A e B).

Todos os alunos, com exceção de dois que entraram este ano, pertencem à turma desde o 7º ano de escolaridade. Um dos novos alunos é repetente e já frequentava a escola, no ano anterior, e a outra veio transferida de outra escola este ano letivo. Contudo, estes dois novos alunos foram muito bem aceites pela turma e estão perfeitamente integrados.

Em termos de aproveitamento, tendo em conta os resultados do ano anterior, a turma, no geral, é boa, (“(...) 15 alunos não tiveram nenhuma negativa no ano transato (...)”, segundo informação fornecida em conselho de turma. Segundo a mesma fonte, “a turma é trabalhadora, cooperante, organizada, com hábitos de trabalho consolidados e com um bom ritmo de trabalho (...)”, embora este ano, o conselho de turma, tenha denotado que os alunos estão um pouco mais “(...) relaxados e despreocupados (...)” no que se refere ao estudo, possivelmente, pelo facto de a escola ter aderido ao projeto de flexibilidade curricular, alterando as avaliações trimestrais para semestrais e, consequentemente, a forma e os períodos de avaliação. No entanto, é de salientar que há um pequeno grupo de alunos que apresenta algumas dificuldades de aprendizagem. Há um aluno identificado com necessidades educativas especiais (NEE), cujo plano educativo individual consistiu, no ano anterior, na aplicação de adaptações curriculares em algumas disciplinas, nomeadamente, ciências físico-químicas. Os outros alunos estão referenciados, pelo Decreto Lei nº 54/2018, como apresentando dificuldades nas aprendizagens e, portanto, foram propostos para frequência de aulas de apoio e acompanhamento mais individualizado. Três alunos estão propostos para a frequência do programa de mentoria, por terem mais de 16 anos e frequentarem o 9.º ano de escolaridade. Este programa pretende dar uma ajuda paralela, não só, ao nível de orientação, mas também no encaminhamento para cursos profissionais ou equivalentes.

A turma apresenta, em geral, um bom comportamento dentro da sala de aula, são assíduos e pontuais, de acordo com dados de caracterização da turma fornecidos em conselho de turma.

RECOLHA DE DADOS

A recolha de dados é feita ao longo das intervenções tendo em conta as questões orientadoras a que se pretende dar resposta. Para dar resposta à primeira questão orientadora usa-se, como instrumento de recolha de dados, um WAT – pré e pós-teste – aplicado aos alunos em momento distintos, antes e depois da intervenção. Para responder às outras duas questões,

recorre-se aos seguintes instrumentos: registos escritos dos alunos, registos fotográficos de algumas intervenções e observação.

WAT (*WORD ASSOCIATION TEST*)

Desde que nascemos que temos necessidade compreender como o mundo que nos rodeia funciona. A informação que chega até nós, das mais variadas formas, é processada segundo as nossas vivências, criando modelos e padrões mentais que nos permitem compreender os fenómenos que presenciamos e estabelecer relações entre eles (Frezza & Marques, 2009). Podemos considerar que as estruturas cognitivas são o padrão mental básico que o indivíduo usa para processar uma informação (Navaneedhan & Kamalanabhan, 2017). Elas “fornecem significado e organização às experiências e guiam o processamento de novas informações e a recuperação de informações armazenadas” (Ifenthaler, Masduki, & Seel, 2011, p. 14). A cada perturbação no equilíbrio desses padrões ou modelos, isto é, sempre que o indivíduo encontra uma nova informação ou dado tenta processá-lo de modo a voltar ao equilíbrio, partindo das estruturas cognitivas que possui. “No momento em que o sujeito percebe que os seus conhecimentos são insuficientes para resolver os problemas surge a necessidade de novas construções” (Frezza & Marques, 2009, p. 293), surgem novas estruturas cognitivas.

De acordo com Jean Piaget e William Perry (citados por Navaneedhan & Kamalanabhan, 2017), a aprendizagem é facilitada por um mecanismo que inclui as representações simbólicas dos processos mentais, por exemplo, esquemas ou modelos (Ifenthaler et al., 2011), que são ativamente construídos pelos alunos, com base nas estruturas cognitivas existentes, e o conhecimento é adquirido pelo aluno através de representações mentais intencionais, com base em experiências passadas de aprendizagem (Navaneedhan & Kamalanabhan, 2017). Portanto, a aprendizagem é vista como uma mudança discreta entre estados de conhecimento, e não como mudança de comportamento, podendo ser descrita como uma atividade mental que implica codificação e estruturação interna pelo aluno, que é visto como um participante ativo no processo de aprendizagem (Ertmer & Newby, 2013).

Assim, o processo de ensino-aprendizagem deve concentrar-se no desenvolvimento da estrutura intelectual existente. O papel do professor é munir os alunos de recursos para construir novos conhecimentos e modificar os antigos para acomodar os novos. Segundo Derman e Eilks (2016), compreender as estruturas cognitivas dos alunos num domínio de conhecimento específico ajuda a determinar as características, "o quê, o como e o porquê", desse

conhecimento. Para que possamos levar essas estruturas em consideração no ensino, isto é, determinar a estrutura de conhecimento dos alunos, é importante avaliar o que um aluno sabe sobre um domínio do conhecimento e as mudanças nos alunos durante o período da aprendizagem (Nakiboglu, 2008).

O WAT, sugerido inicialmente por Johnson no final dos anos sessenta (Johnson, citado por Derman e Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008), é um método bastante comum para investigar a estrutura cognitiva (Derman & Eilks, 2016) ou estrutura de conhecimento (Nakiboglu, 2008) dos alunos. Nos últimos anos, os WAT tornaram-se ferramentas comuns na investigação em ensino das ciências para ajudar a determinar e mapear conceitos no entendimento dos alunos, incluindo as relações entre conhecimento e estruturas cognitivas (Derman & Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008). Para Nakiboglu (2008) o WAT é um instrumento capaz de revelar o modelo mental do mundo do participante, as suas memórias verbais, os seus processos de pensamento, os seus estados emocionais e a sua personalidade. Estes testes têm sido usados com diversos propósitos em estudos do ensino de ciências.

O WAT consiste, geralmente, em atribuir ao grupo de participantes em estudo, um conjunto de palavras-chave, as palavras estímulo, relativas a um determinado tema, escolhidas tendo em conta o currículo de disciplina. Estas palavras estímulo são previamente discutidas e aprovadas, por professores experientes, de forma a validar o conteúdo do WAT (Derman & Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008).

No presente estudo foram fornecidas sete palavras estímulo: Eletricidade, Energia, Eletrão, Corrente, Tensão, Resistência e Potência. Cada aluno recebe um livrete (Apêndice C) com tantas páginas quanto o número de palavras estímulo (neste caso em particular, sete páginas). Em cada página é fornecida uma palavra estímulo, seguindo uma determinada ordem (Derman & Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008). Os alunos são informados previamente que as palavras de resposta devem relacionar-se com o tema em estudo, que neste caso é a eletricidade. Os livretes do WAT são entregues aos participantes do estudo, que são convidados a escrever o maior número possível de termos associados às palavras estímulo. Todas as palavras associadas são escritas na respetiva página da palavra estímulo, de modo a evitar um efeito de reação em cadeia, causado, por exemplo, por distrações com informações supérfluas (Derman & Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008). O tempo de resposta para cada palavra estímulo é controlado e igual para cada palavra. Neste estudo foi dado 1 minuto para cada palavra estímulo, tendo em conta que os participantes frequentam o ensino básico. Nakiboglu (2008), por exemplo, refere que no seu WAT, foi solicitado aos alunos que anotassem em 30 segundos o máximo de palavras de resposta que pudessem imaginar em associação com cada palavra estímulo,

considerando esse período de tempo ideal, usado noutros estudos (Bahar & Hansell; Cordellini & Bahar, citados em Nakiboglu 2008)

Numa segunda fase do teste, os participantes recebem um novo livrete (Apêndice C), semelhante ao anterior, e são convidados a escrever frases que incluam a palavra estímulo e cada uma das palavras associadas (Derman & Eilks, 2016), de forma a conhecer a natureza das relações estabelecidas pelos participantes.

O mesmo WAT foi aplicado antes e depois da realização da intervenção, uma vez que se pretende verificar se ocorrem alterações nas estruturas cognitivas após a aprendizagem, à semelhança do realizado por outros investigadores (Shavelson; Cachapuz & Maskill; Hovardas & Korfiatis, citados em Nakiboglu, 2008). Por exemplo, na pesquisa de Cachapuz e Maskill, citado por Nakiboglu (2008), os resultados do WAT, pré-teste, mostraram que os alunos tinham algum conhecimento prévio, mesmo não tendo sido expostos ao ensino formal neste tópico. No pós-teste a rede obtida mostrou-se mais complexa, com poucos grupos isolados, sugerindo que, o ensino daquele conteúdo resultou na aprendizagem conceptual do conteúdo.

OBSERVAÇÃO

Na investigação qualitativa, a observação desempenha um papel fulcral (Bogdan & Biklen, 1994). No caso do professor, em particular, este deve ser capaz de observar, recolher e organizar criteriosamente a informação, para se adaptar continuamente aos elementos que fazem parte da sua observação (Quivy & Campenhoudt, 2003). A observação pode ser vista como o conjunto de operações através das quais o modelo de análise é submetido a testes de factos e confrontado com dados observáveis (Quivy & Campenhoudt, 2003). Durante este processo de observação são reunidas numerosas informações que serão depois analisadas e interpretadas.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), para que o trabalho de observação seja produtivo é importante dar resposta a três questões: “*Observar o quê?*” (definição de dados pertinentes); “*Em quem?*” (campo de análise e seleção das unidades de observação); “*Como?*” (instrumentos de observação e recolha de dados). Os instrumentos de observação dependem dos objetivos, do modelo de análise e das características do campo em análise, sendo importante definir, claramente, que comportamentos estão, ou não, relacionados com o que se pretende estudar e do tempo que dispõe (Gay, Mills, & Airasian, 1986).

Vários autores (Afonso, 2005; Bogdan & Biklen, 1994; Quivy & Campenhoudt, 2003) referem que uma das estratégias mais representativas da investigação qualitativa é a observação

participante. Segundo Afonso (2005), a observação é uma técnica para recolher informação “particularmente útil e fidedigna” porque não está sujeita a informações e opiniões dos participantes.

Na observação direta participante, o investigador introduz-se no mundo das pessoas que pretende estudar, tenta conhecê-las, dar-se a conhecer e ganhar a sua confiança, elaborando um registo escrito e sistemático de tudo aquilo que ouve e observa (Bogdan & Biklen, 1994; Patton, 1987). Capta os comportamentos no momento em que eles se produzem, sem a mediação de um documento ou testemunho, ao contrário da observação não participante em que o investigador observa “do exterior” (Quivy & Campenhoudt, 2003). Este método tem a vantagem de os comportamentos e acontecimentos poderem ser captados no momento em que são produzidos. A recolha dos dados é relativamente espontânea e autêntica. No entanto, pode criar limitações em termos de seletividade de memória e interpretação das observações para além da aceitação, ou não, pelo grupo a observar e de ser um método moroso. É muitas vezes necessário o recurso a outros métodos de recolha de dados como inquéritos ou entrevistas (Quivy & Campenhoudt, 2003).

Em termos de estruturação da observação, segundo Cohen, Manion e Morrison (2000), esta pode ser: “*estruturada*”, quando o observador já tem definidos os objetivos do estudo, sabe previamente o que vai observar e já pré-definiu as suas categorias de observação; “*semiestruturada*”, o observador tem algumas categorias de observação já pré-definidas no entanto está aberto à emergência de novas categorias; ou “*não estruturada*”, o observador vai simplesmente observar livremente para decidir o que pode ser mais significativo para a sua pesquisa.

Neste trabalho optou-se por uma observação direta participada semiestruturada, com recurso a notas de campo (reflexões das várias perceções que surjam ao longo das intervenções, relativamente a questões, respostas, conversas e ideias que os alunos demonstram ao participar nas aulas) e registo fotográfico de algumas aulas (trabalho de grupo).

DOCUMENTOS ESCRITOS

Considera-se material documental, os documentos escritos pelos participantes e que podem ser usados como dados: “autobiografias, cartas pessoais, diários, memorandos, minutas de encontros, boletins informativos, documentos sobre políticas, propostas, códigos de ética, declarações de filosofia, livros do ano, comunicados à imprensa, livros de recorte, (...) artigos de jornal, ficheiros pessoais e registos individuais de estudante e processos” (Bogdan & Biklen,

1994, p. 176). Estes materiais podem ser oficiais ou conter informações ricas e mais pessoais. Os registos escritos dos alunos, por exemplo, são documentos pessoais. Através destes, podem ser extraídas diversas informações úteis para comparar e tentar confirmar informações obtidas por meio de outros instrumentos (Aires, 2015). Para este estudo recolhem-se: registos escritos dos alunos, produzidos pelo próprio, individualmente ou em grupo, orientados pelo professor em sala de aula; resolução de tarefas STEM de carácter teórico-prático e prático-laboratorial; trabalho de investigação/projeto (planificação e construção um protótipo pondo em prática os conhecimentos adquiridos ao longo da Unidade Temática: “eletricidade”, com base no modelo STEM).

QUESTÕES ÉTICAS

Sempre que se faz um estudo, que implique obtenção de dados de terceiros é necessário ter em conta um conjunto de questões de ordem ética, definidas na Deliberação n.º 453/2016 de 15 de março, Anexo I, de modo a salvaguardar os intervenientes no estudo. Neste sentido, há que dar especial atenção e garantir: a confidencialidade, a informação (consentimento informado) dos participantes ou seus representantes, se forem menores de idade, relativamente ao estudo que se está a fazer e qual o seu objetivo e informar quanto ao tipo de recolha de dados pretendidos e como eles vão ser divulgados.

Neste estudo em concreto, não são expostos dados pessoais que possam pôr em causa qualquer dos pressupostos constantes na Carta Ética para a Investigação em Educação e Formação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (Deliberação n.º 453/2016, Anexo I). A escola é conhecedora deste estudo, qual o seu objetivo, o tipo de dados recolhidos e como serão divulgados. As fotos usadas foram devidamente manipuladas de modo a que os rostos dos alunos fossem cortados ou desfocados de forma a não serem identificados de forma alguma.

ANÁLISE DE DADOS

Tendo em conta que a análise dos dados se baseia em diferentes metodologias e instrumentos para responder às questões orientadoras, neste subcapítulo, opta-se por separar a descrição das diferentes análises, tendo em conta as questões orientadoras. Assim, a resposta à

primeira questão tem por base a análise dos WAT e, nas restantes duas questões, faz-se a análise com base nas observações e documentos escritos.

WAT

Para dar resposta à primeira questão orientadora relativa ao desenvolvimento das estruturas cognitivas analisam-se os resultados do WAT, pré e pós-teste. A análise de dados resultantes de um WAT pode-se fazer de várias formas. Neste trabalho em particular é usada uma metodologia semelhante à descrita por Derman e Eilks (2016) e Nakiboglu (2008). As respostas para cada palavra estímulo com significado e válidas no contexto do estudo são contadas e, após a triagem dos dados, é construída um quadro de frequências com palavras estímulo e respostas (palavras associadas), como referem Derman e Eilks (2016). Algumas palavras associadas, por serem sinónimas, usadas no plural ou em género diferente, são contabilizadas em conjunto. O quadro de frequências vai permitir a construção de mapas cognitivos (Derman & Eilks, 2016), obtidos de acordo com intervalos de frequência pré-definidos. A tabela de frequência determina as direções das setas e a força das associações apresentadas nos mapas (Derman & Eilks, 2016). Esse método tem, segundo Nakiboglu (2008), maior poder explicativo, sendo o mais adequado para apresentar as direções e a força das associações encontradas nas estruturas de conhecimento dos alunos. A relevância de frequência de uma associação, entre uma palavra estímulo e a sua palavra associada, regula a largura, isto é, a força das associações dos quadros e das setas. As setas mais largas mostram os valores mais altos de frequência. Seguindo o quadro, a representação das setas faz-se da primeira linha para as respostas na primeira coluna. A direção das setas é paralela à direção dos relacionamentos. As relações inversas entre os conceitos também são mostradas por setas de dupla face na faixa de frequência em que ocorreram (Derman & Eilks, 2016). Os conceitos interpretados como equívocos ou palavras sem sentido no contexto da eletricidade são apresentados com setas tracejadas, no intervalo de frequência em que ocorrerem. Segundo Nakiboglu (2008), esse tipo de mapa ajuda o investigador a mostrar a força e a direção das associações e, assim, inferir as relações entre conceitos e estruturas cognitivas dos alunos.

Após a análise dos mapas cognitivos, e de modo a complementar o estudo, faz-se uma análise de conteúdo das frases escritas pelos alunos, na segunda parte do WAT, à semelhança do que fez Derman e Eilks, (2016). As frases são analisadas individualmente para identificar a natureza das associações. Esta análise das frases ajuda a compreender a natureza das relações

estabelecidas, isto é, se as conceções são de erróneas, vagas ou de conhecimento adquirido, durante o processo de aprendizagem (Derman e Eilks, 2016).

OBSERVAÇÕES E DOCUMENTOS ESCRITOS

Para dar resposta à segunda e terceira questões orientadoras, relativas às aprendizagens adquiridas e as dificuldades sentidas pelos alunos, respetivamente, usa-se a análise qualitativa dos dados recolhidos: observações durante as intervenções, os registos escritos dos alunos e alguns registos fotográficos durante os trabalhos em grupo.

Numa investigação qualitativa a quantidade de dados obtidos pode constituir um enorme problema quando chega a hora de fazer a análise de conteúdos e tirar conclusões. Bardin (1977) define a análise de conteúdos como “um conjunto de instrumentos metodológicos cada vez mais subtis, em constante aperfeiçoamento, que se aplicam a «discursos» (conteúdos) extremamente diversificados (...) baseia-se na dedução e a análise de conteúdo oscila entre o rigor da objetividade e a fecundidade da subjetividade” (p. 9).

O trabalho de campo e a sua análise produzem muitas descrições codificadas que proporcionam um ponto de partida (Bogdan & Biklen, 1994). No entanto, à medida que se vão lendo os dados verificamos que muitas ideias se repetem ou se destacam certas palavras, frases, padrões de comportamento, formas de pensamento dos sujeitos e acontecimentos. Torna-se, por isso, necessário estabelecer um sistema de codificação dos dados recolhidos agrupando-os em categorias.

O desenvolvimento de um sistema de codificação envolve percorrer os dados à procura de regularidades e padrões bem como de tópicos presentes nos dados e, em seguida, escrever palavras e frases que representam estes mesmos tópicos e padrões. Estas palavras ou frases são designadas por categorias de codificação (Bogdan & Biklen, 1994) e vão surgindo à medida que se vão recolhendo os dados a partir de determinadas questões que surgem ao longo da investigação.

As categorias constituem um meio de classificar os dados descritivos recolhidos, para que o material contido num determinado tópico possa ser fisicamente apartado dos outros dados. Cada conjunto de dados pode ser codificado de acordo com mais de uma categoria de codificação, extraída de mais do que uma família de codificação, e deverão proporcionar alguns instrumentos para o desenvolvimento de categorias de codificação que serão úteis na classificação dos dados (Bogdan & Biklen, 1994). Os códigos categorizam a informação a

diferentes níveis. Os códigos principais são mais gerais e abrangentes, incorporando um vasto leque de atividades, atitudes e comportamentos. Os subcódigos dividem os códigos principais em categorias mais pequenas (Bogdan & Biklen, 1994).

Neste trabalho, a análise de dados, através dos vários instrumentos de recolha, permite organizar os dados em diferentes categorias e subcategorias. Assim, para dar resposta à segunda questão orientadora, relativa às aprendizagens dos alunos, usam-se como instrumentos de recolha de dados as observações, notas de campo, o registo escrito dos alunos e algumas fotografias, e identificam-se três categorias: conceitos científicos, abordagem STEM e processos. Da categoria processos surgem as subcategorias: planeamento de experiências, construção de representações, preenchimento de tabelas/organização de dados e conclusões/argumentações.

Em relação à terceira questão, relativa às dificuldades sentidas pelos alunos, opta-se pelos mesmos instrumentos e pelas mesmas categorias da questão anterior. Contudo, da categoria conceitos científicos emergem as subcategorias linguagem científica e grandezas e unidades; da categoria abordagem STEM surge a subcategoria interpretação de esquemas elétricos e da categoria processos identificam-se as subcategorias: descrever observações, planeamento de experiências, preenchimento de tabelas/organização de dados e interpretação de questões. No quadro 4.1 apresenta-se as categorias e subcategorias de análise para cada questão orientadora, assim como os instrumentos de recolha de dados utilizados.

Quadro 4.1: Lista de Categorias e Subcategorias identificadas a partir dos dados recolhidos.

Questões do estudo	Recolha de Dados	Categorias	Subcategorias
Que aprendizagens sobre eletricidade desenvolvem os alunos quando envolvidos na abordagem STEM?	Observações (Notas de campo)	Conceitos científicos	--
	Registo escrito dos alunos	Articulação STEM	--
	Registo fotográfico	Processos	Planeamento de experiências Construção de representações Preenchimento de tabelas/ Organização de dados Conclusões/Argumentação
Que dificuldades sobre eletricidade sentem os alunos quando envolvidos na abordagem STEM?	Observações (Notas de campo)	Conceitos científicos	Linguagem científica Grandezas e unidades
	Registo escrito dos alunos	Articulação STEM	Leitura de esquemas elétricos
	Registo fotográfico	Processos	Descrever de observações Planeamento de experiências Preenchimento de tabelas/ Organização de dados Interpretação de questões

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Neste capítulo é feita a apresentação dos resultados, de forma a dar resposta às questões orientadoras propostas neste trabalho. Os resultados estão organizados em três subcapítulos, correspondendo cada um a uma questão orientadora. No primeiro subcapítulo, apresentam-se os resultados relativos ao desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos e à natureza das relações. No segundo, analisam-se as aprendizagens realizadas pelos alunos quando envolvidos em tarefas STEM. E, finalmente, no último subcapítulo, analisam-se as dificuldades apresentadas pelos alunos quando envolvidos em tarefas STEM.

DESENVOLVIMENTO DAS ESTRUTURAS COGNITIVAS E NATUREZA DAS RELAÇÕES

Neste subcapítulo, pretende-se dar resposta à primeira questão orientadora, relativa à evolução nas estruturas cognitivas dos alunos e respetivas natureza das relações que estabeleceram antes e depois de ser lecionada a subunidade: “Corrente elétrica e circuitos elétricos”.

Para este estudo, foram aplicados aos alunos dois testes de associação de palavras, WAT (*Word Association Test*), um pré-teste antes do início da subunidade, e um pós-teste no final da intervenção. Foram apresentadas aos alunos sete palavras estímulo: Eletricidade, Energia, Eletrão, Corrente, Tensão, Resistência e Potência, às quais os alunos teriam que associar outras palavras que no seu entender se relacionariam com estas. Numa segunda parte do teste, os alunos tiveram que escrever frases onde incluíram a palavra estímulo e cada uma das palavras que lhe associaram.

Neste subcapítulo são analisadas as associações que os alunos fizeram relativamente às palavras estímulo dadas, e que tipo de relações estabelecem entre as diferentes palavras estímulo. O pré teste foi aplicado no início da Unidade, sem que os alunos tivessem abordado estes conteúdos em anos anteriores, o segundo teste foi aplicado cerca de um mês e meio após terem sido abordados os conteúdos da mesma. As condições do segundo teste foram alteradas,

pois os alunos tiveram que responder *online* ao teste (por motivo de encerramento das escolas, devido à pandemia por COVID-19), necessitando de mais tempo para lhe dar resposta. A análise seguinte será feita de acordo com Derman e Eilks (2016) e Nakiboglu (2008).

PRÉ-TESTE

O WAT, pré-teste, foi aplicado aos alunos, no início da Unidade Eletricidade, sem que estes tivessem explorado formalmente qualquer conceito de eletricidade. Responderam ao pré-teste 21 alunos dos 23 que constituem a turma. Os resultados obtidos mais significativos e que, de um modo geral, se relacionam com o tema em estudo encontram-se no quadro seguinte (Quadro 5.1). Foram excluídas respostas únicas e que não tinham relação com a eletricidade, com exceção de palavras associadas cuja frequência é significativa e, portanto, foram alvo de análise.

A partir destes resultados foram traçados mapas, de tal forma que uma palavra estímulo, obtida como uma palavra de resposta é colocada dentro de uma caixa, enquanto uma nova palavra de resposta é apenas ligada por uma seta. A espessura das caixas e das setas é determinada pelo valor da frequência de uma palavra estímulo. Estes mapas foram construídos para diferentes intervalos de frequências. Assim, para o pré-teste, obtiveram-se os mapas cognitivos representados na Figura 5.1 que mostram a força e a direção das associações feitas pelos alunos, permitindo interpretar as relações entre conceitos que os alunos fizeram antes de iniciarem a unidade didática sobre eletricidade.

A espessura das linhas (quadro e seta) mostra a força das associações. As setas a tracejado simbolizam associações que não se relacionam com a eletricidade, mas que foram referidas com elevada frequência pelos alunos. As setas foram desenhadas da palavra estímulo, na primeira linha, para a palavra de resposta, na primeira coluna. Na Figura 5.1 é visível que as setas mais grossas correspondem às primeiras células, isto é, à faixa de frequência mais elevada. Assim, a direção das setas corresponde à direção das relações. Esses mapas permitem demonstrar o poder e a direção das associações e interpretar melhor as relações entre os conceitos na mente dos alunos.

Um grupo significativo de alunos associa a resistência e a potência à força e não a conceitos relacionados com eletricidade. E a palavra eletrão apenas é associada ao átomo, algo que eles já aprenderam em anos anteriores.

Quadro 5. 1: Padrão de amostra da tabela de frequências, pré-teste.

Palavras Associadas	Palavras Estímulo						
	Eletricidade	Energia	Eletrão	Corrente	Tensão	Resistência	Potência
luz	7	5	1	1	—	—	—
Energia	9	—	2	3	—	—	5
força	—	3	—	1	—	6	8
Eletricidade	—	4	2	2	—	—	1
quadro (elétrico)	3	—	—	—	—	1	2
tomadas	4	1	—	3	—	—	—
watts	2	1	—	—	—	—	2
choque elétrico	3	—	—	1	1	—	—
Potência	—	2	1	—	1	—	—
fios/cabos/aramé	7	—	—	5	—	—	—
(energias) renováveis	1	4	—	—	—	—	—
Corrente (elétrica)	3	—	1	—	—	—	—
fichas (de eletricidade)	3	—	—	1	—	—	—
positivo	1	—	2	—	—	—	—
negativo	1	—	4	—	—	—	—
carregador	2	—	—	—	—	—	1
eletrodomésticos/fritadeira/aquecedor	1	—	—	1	—	2	—
educação física/desporto	—	2	—	—	—	5	—
intensidade	—	—	—	1	—	—	2
corrida	—	—	—	—	—	2	1
telemóveis	2	—	—	—	—	—	—
eletricista	3	—	—	—	—	—	—
edifícios/casas	4	—	—	—	—	—	—
faísca/descargas elétricas/relâmpago/ raio	3	—	1	—	—	—	—
solar	—	4	—	—	—	—	—
sustentável	—	2	—	—	—	—	—
eólica	—	2	—	—	—	—	—
Eletrões	—	—	1	—	—	—	—
átomos	—	—	8	—	—	—	—
protões	—	—	5	—	—	—	—
neutrões	—	—	5	—	—	—	—
ião/ ião positivo/ião negativo	—	—	5	—	—	—	—
água	—	—	—	3	—	—	—
(corrente)marítima/mar	—	—	—	5	—	—	—
arterial	—	—	—	—	4	—	—
que dura/durabilidade/duração	—	—	—	—	—	5	—
Resistência	—	—	—	—	—	—	1

Outras palavras referidas pelos alunos , com frequência < 3 relacionadas com o tema eletricidade
transferência (de energia), computador,chave de fendas, capacidade, potente, carga, carga negativa, carga positiva, subcarga, pequeno, energia negativa, núvem eletrônica, moléculas, pilha, lâmpadas, velocidade, motor, potencial, não renovável, fonte, marmotriz, sem energia, eletrônicos, volts, transferência de energia, bateria, tecnologia, engenheiro, estação hídrica, extensões e objetos elétricos e zona acumuladora de energia.
Outras palavras referidas pelos alunos , com frequência < 3 não relacionadas com o tema eletricidade
painel, comunicação, sistemas, medicina, reação, comida, dormir, vida, natureza, direção, corrente de ar, fio/colar, manómetro, ligação, testes, nervosismo, pressão, densidade, stress, estado psicológico, material, excesso, vergonha, algum peso, tenso, atmosférica, star wars, tempo, saudável, boa qualidade, resistência física, esforço, folgo, foco, resistente/resistir, lutadora, fragilidade, muscular, correr elasticidade, saúde, quantidade, objetos, matemática, poder, persistência, forte, máximo, impusão, corpos e pessoas.

Como se pode ver pela Figura 5.1, a maioria dos alunos apenas consegue estabelecer relação com palavras associadas, do senso comum e da sua vivência quotidiana (a eletricidade está fortemente associada a iluminação e fios ou cabos condutores, algo que eles constata nas suas vivências em casa, por exemplo, quando vêm cabos ou fios na parede, ou quando acendem uma lâmpada). Contudo, relativamente a associações entre diferentes palavras estímulo, o mapa cognitivo, para o intervalo de frequências mais elevado ($6 \leq f \leq 9$), mostra apenas uma associação entre Eletricidade e Energia. As relações estabelecem-se apenas numa direção, da palavra estímulo para a palavra associada. Neste intervalo de frequências ($6 \leq f \leq 9$), apenas surgem 4 palavras estímulo, mostrando assim a fraca associação e relação que os alunos conseguem estabelecer entre as palavras estímulo.

Num intervalo de frequências imediatamente abaixo ($3 \leq f < 6$) aparecem todas as palavras estímulo, no entanto, as palavras estímulo Tensão e Resistência apresentam associações que nada tem a ver com a temática eletricidade (setas a tracejado). Mais uma vez, os alunos associaram palavras que estão habituados a usar noutros contextos. No caso da tensão, esta foi associada sobretudo à tensão arterial, enquanto a resistência foi sobretudo associada ao desporto. Contudo, neste intervalo de frequências temos maior número de relações estabelecidas. Neste caso, os alunos conseguiram estabelecer ligações entre Corrente e Energia, entre Energia e Eletricidade, e entre Potência e Energia. A Energia neste intervalo está bastante associada a tipos de energia (solar, renovável). Há também um grupo de alunos que associou Corrente, à corrente marítima evidenciando, mais uma vez, que o tema eletricidade não fazia ainda parte das suas aprendizagens. Também neste intervalo ($3 \leq f < 6$), a palavra estímulo Eletricidade é aquela a que eles mais associam palavras que estão relacionadas, na sua maioria com as suas vivências e observações diárias.

Palavras estímulo como Tensão, Resistência e Eletrão, são palavras que os alunos, claramente, não associaram à eletricidade, mas sim a outros contextos. Já as palavras estímulo: Eletricidade, Energia, Potência e Corrente são palavras que os alunos (poucos) conseguiram, de alguma forma, estabelecer algumas ligações, quer entre si quer através de palavras associadas.

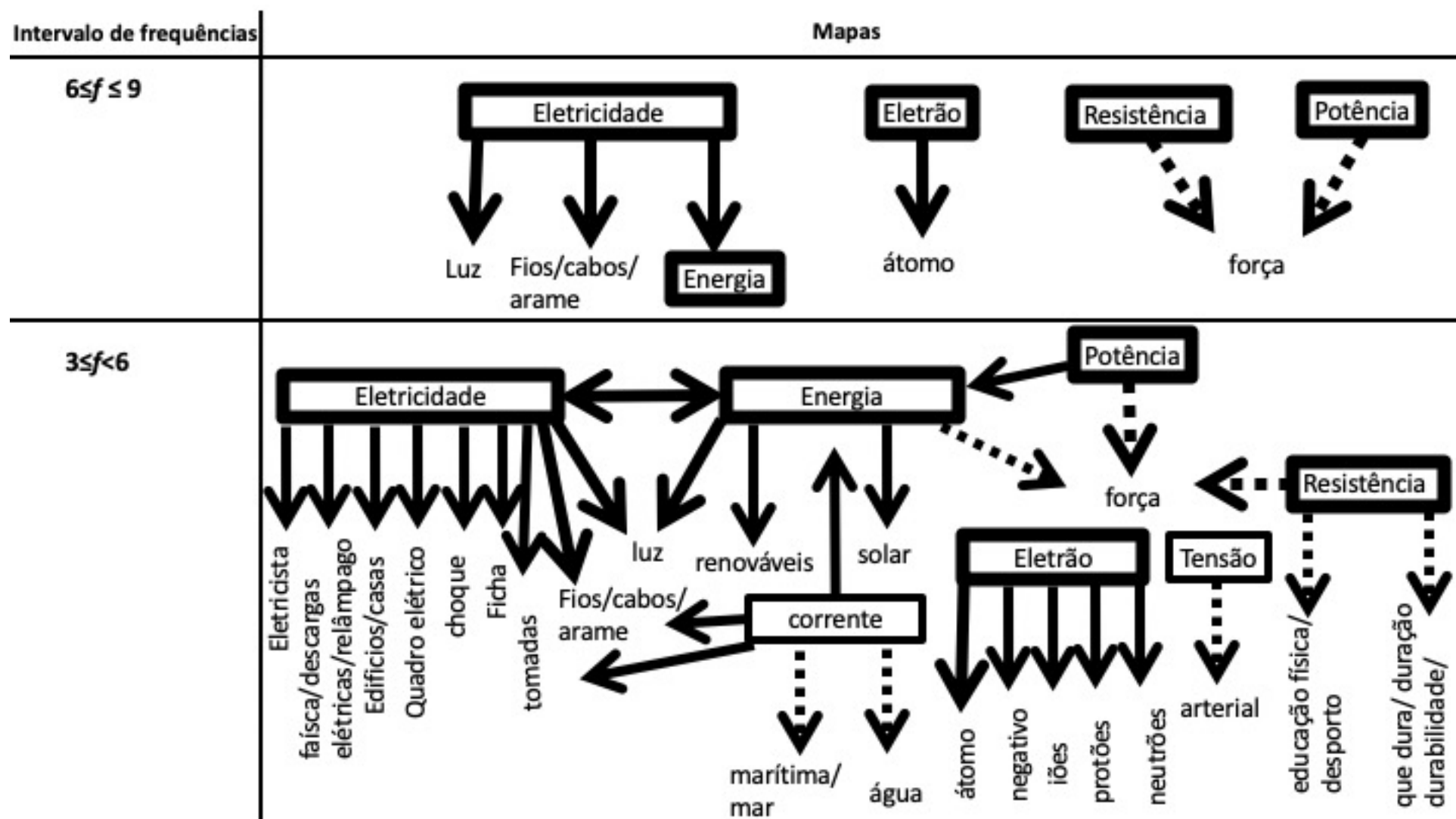


Figura 5.1: Mapas cognitivos dos alunos no pré-teste antes da intervenção sobre eletricidade.

Relativamente as frases escritas, os alunos nem sempre escreveram frases para todas as palavras que associaram anteriormente à palavra estímulo. No entanto, elas sugerem um baixo desenvolvimento cognitivo dos alunos e a natureza das suas relações é, no geral, muito simples ou sem relação com o tema eletricidade. No Quadro 5.2 podemos ver alguns exemplos de frases escritas pelos alunos e que revelaram o tipo de relação que estabeleceram entre a palavra estímulo e a palavra que eles lhe associaram.

Como podemos ver, pelas frases dos alunos, as concepções que estes têm sobre eletricidade são as do senso comum, e algumas delas erradas do ponto de vista conceptual (por exemplo, “*A eletricidade está ligada à corrente*”), ou usadas noutro contexto que não o da eletricidade, como é o caso da Tensão, que os alunos associam à tensão arterial (por exemplo: “*A Maria mediu a tensão arterial.*”), ou as palavras Resistência e Potência associadas a força ou ao desporto/educação física (“*O desporto é um bom meio para melhorarmos a nossa resistência.*” ou “*A potência é uma força.*”), como mostram o Quadro 5.2 e a Figura 5.2. A natureza das relações que fizeram mostram que estas palavras estímulo não lhes são familiares e o conhecimento científico dos alunos, neste tema é bastante pobre.

Quadro 5. 2: Natureza das relações entre cada palavra estímulo e a palavra associada (pré-teste).

Palavra Estímulo	Frases
Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> - “Uso a tomada para carregar o telemóvel com eletricidade.” ou “As tomadas têm eletricidade.” - “O eletricista arranjou a eletricidade.” - “A eletricidade está ligada à corrente” - “Precisamos de eletricidade para ligar as luzes.” - “Devemos ter cuidado com a eletricidade para não levar um choque elétrico.” ou “A eletricidade dá choques.” - “Há a existência de eletricidade num relâmpago” - “A eletricidade passa por cabos elétricos.” - “Eletricidade é alimentada pela energia.” - “A eletricidade dá energia aos eletrodomésticos”
Energia	<ul style="list-style-type: none"> - “A energia pode ser renovável.” ou “Cada vez se usa mais a energia renovável” - “Para haver energia solar é preciso o sol.” ou “Precisamos de energia solar” - “Para termos força temos de ter energia.” - “A luz precisa de energia para funcionar.”
Elétrão	<ul style="list-style-type: none"> - “O elétrão é um constituinte do átomo.” ou “o elétrão é um pequeno átomo.” - “O elétrão possui uma carga negativa.” - “O elétrão tem uma carga oposta ao protão.” - “Os elétrões são diferentes que os iões.”
Corrente	<ul style="list-style-type: none"> - “A corrente elétrica desapareceu, A extensão desligou-se da tomada.” - “Há corrente elétrica no fio.” - “Quando se liga alguma coisa à tomada existe a presença de uma corrente.” - “Esta corrente de água está forte” - “Existem correntes marítimas no mar” - “A corrente elétrica está ligada à energia.”
Tensão	<ul style="list-style-type: none"> - “As pessoas por vezes ficam com a tensão arterial baixa.” - “A Maria mediu a tensão arterial.” - “A tensão arterial está alta.” - “A tensão pode provocar choques.”
Resistência	<ul style="list-style-type: none"> - “Na educação física tenho que ter resistência.” - “Eu pratico educação física e tenho muita resistência.” - “No desporto é preciso resistência.” - “O desporto é um bom meio para melhorarmos a nossa resistência.” - “A resistência é uma força.”
Potência	<ul style="list-style-type: none"> - “A potência é uma força.” - “Esta máquina necessita de muita potência porque consome muita energia.” - “Ganhas força com a potência.”

PÓS-TESTE

O Pós-teste foi aplicado aos alunos, cerca de dois meses após o término da Unidade Eletricidade e com pequenas adaptações na sua aplicação, devido à situação referida anteriormente. O pós-teste foi realizado *online*, com tempo controlado, usando a aplicação ***Socrative***, mas sem ter contacto visual direto com os alunos. Foi dado aos alunos o dobro do tempo do pré-teste (dois minutos para casa palavra) de modo a acautelar possíveis atrapalhamentos ao submeter as respostas, uma vez que o teste se realizou *online*. O número de participantes foi de 20 alunos, menos um do que no pré-teste.

Os resultados mais significativos e que, de um modo geral, se relacionam com a eletricidade encontram-se no quadro seguinte (Quadro 5.3). Do mesmo modo que o pré-WAT, foram excluídas respostas únicas e que não tinham qualquer relação com a eletricidade, com exceção de palavras associadas cuja frequência é significativa e que serão alvo de análise.

Como se pode ver, no Quadro 5.3, as palavras associadas, na sua maioria, têm relação com a eletricidade embora continuem a ser palavras que provêm das experiências e percepções diárias e senso comum dos alunos, isto é, não estão relacionadas diretamente com os conceitos científicos, associados a cada palavra estímulo, mas a algo que está presente no quotidiano do aluno e com o qual ele lida diariamente.

Quadro 5. 3: Padrão de amostra da tabela de frequências no pós-teste.

Palavras Associadas	Palavras Estímulo						
	Elettricidade	Energia	Eletrão	Corrente	Tensão	Resistência	Potência
Corrente (elétrica)	8	4	2	—	1	5	1
fios/cabos	4	2	—	4	—	1	2
elétrica	—	1	—	12	8	10	8
Energia	6	—	4	2	—	—	3
carga (elétrica)	2	1	—	1	1	—	—
Elettricidade	—	4	2	5	—	—	—
Lâmpada	1	2	—	1	—	—	—
circuitos (elétricos/ abertos/fechados/percurso elétrico)	6	—	—	3	—	2	—
Tensão	—	1	—	1	—	5	—
voltímetro	—	—	—	1	1	—	1
Eletrão (ões)	2	1	1	—	—	—	—
Watt	2	—	—	—	—	—	2
Volt	2	—	—	—	3	—	—
luz	7	3	—	—	—	—	—
Energia (potencial gravitica/potencial/cinética)	3	4	—	—	—	—	—
condutores	3	—	—	3	—	—	—
Potência	1	1	—	—	—	—	—
carga negativa	1	—	4	—	—	—	—
nuclear	—	4	1	—	—	—	—
Equipamento elétrico (PS4,telemóvel,televisão,computador, carregador, lanterna)	1	5	—	—	—	—	—
átomo	—	1	8	—	—	—	—
diferença de potencial	—	—	—	—	1	—	1
sistema em paralelo	3	—	—	—	—	—	—
voltagem	2	—	—	—	—	—	—
choque	2	—	—	—	—	—	—
solar	—	6	—	—	—	—	—
eólica	—	2	—	—	—	—	—
renovável	—	6	—	—	—	—	—
não renovável	—	2	—	—	—	—	—
(eletrão de) valência	—	—	3	—	—	—	—
ião	—	—	7	—	—	—	—
protão	—	—	5	—	—	—	—
núcleo	—	—	3	—	—	—	—
neutrão	—	—	3	—	—	—	—
núvem eletrônica	—	—	2	—	—	—	—
cerca elétrica	—	—	—	3	—	—	—
ampére	—	—	—	3	—	—	—
arterial	—	—	—	—	3	—	—
código de cores	—	—	—	—	—	3	—
pilha	—	—	—	—	—	—	2

Outras palavras referidas pelos alunos , com frequência < 3 relacionadas com o tema eletricidade
frequência, energizar, descarga elétrica, joule, carga positiva, amperímetro, intensidade, potencial elétrico, grandeza física, esquemas, sentido real/convencional, eletrização, geotérmica, marémotriz, hídrica, bateria, descarga elétrica, centrais elétricas, distribuição eletrônica, metálico, energia negativa, isolador, magnético, ligações, reóstato, multímetro e engenharia
Outras palavras referidas pelos alunos , com frequência < 3 não relacionadas com o tema eletricidade
ativo, sol,comida,valor, sanguínea, água, pulso, pressão,preocupação, boa qualidade, alta, igual, correr/corrida, persistência, determinado , rigidez, constante, tempo duração, forno, fogão, medição, carros, pessoas, poder, aumenta, diferente, matemática, taxa de variação, velocidade, força e mobilidade

Em comparação com o pré-teste temos um intervalo de frequências que não se verificava anteriormente ($9 \leq f \leq 12$), que associa as palavras estímulo Resistência e Corrente à palavra associada, elétrica, de corrente elétrica e resistência elétrica. Esta associação pode também observar-se no mapa na Figura 5.2 para o intervalo de frequências $9 \leq f \leq 12$. Estas

associações são as mais referidas pelos alunos, contrariamente ao pré-WAT onde a palavra estímulo Corrente não aparecia e a palavra Resistência era associada a força.

No intervalo imediatamente abaixo ($6 \leq f < 9$), apareceram todas as palavras estímulo. Este intervalo mostra-nos outras duas palavras estímulo, a Tensão e a Potência, associadas a elétrica. São ainda estabelecidas relações entre as palavras estímulo Eletricidade-Corrente e Eletricidade-Energia, que já apareciam no pré-teste. A palavra estímulo Eletricidade aparece agora associada a circuito elétrico.

A palavra Eletrão continua associada ao átomo e a ião, isolada de todas as outras palavras estímulo. A palavra Energia é sobretudo relacionada com tipos de energia (renovável) e fontes de energia (solar). No pós-teste não temos correspondências com frequências de palavras que não têm significado para a temática eletricidade, nos intervalos de frequência considerados ($9 \leq f \leq 12$ e $6 \leq f < 9$). A palavra estímulo Eletricidade continuou com uma forte ligação à palavra associada luz, mas agora, no pós-teste, um número significativo de alunos associou-a também, à palavra associada circuitos e à palavra estímulo Corrente, o que não se verificou no pré-WAT. Outras associações como choque elétrico, eletricista, fios/cabos deixaram de aparecer ou foram referidas por poucos alunos, mostrando aqui uma possível evolução cognitiva relativamente ao conhecimento sobre eletricidade. Em termos de complexidade dos mapas de conceitos, eles mostram que a natureza das relações estabelecidas entre palavras é pouco complexa, parecendo até menos complexa que no pré-WAT, embora neste, algumas associações não se relacionem com a eletricidade.

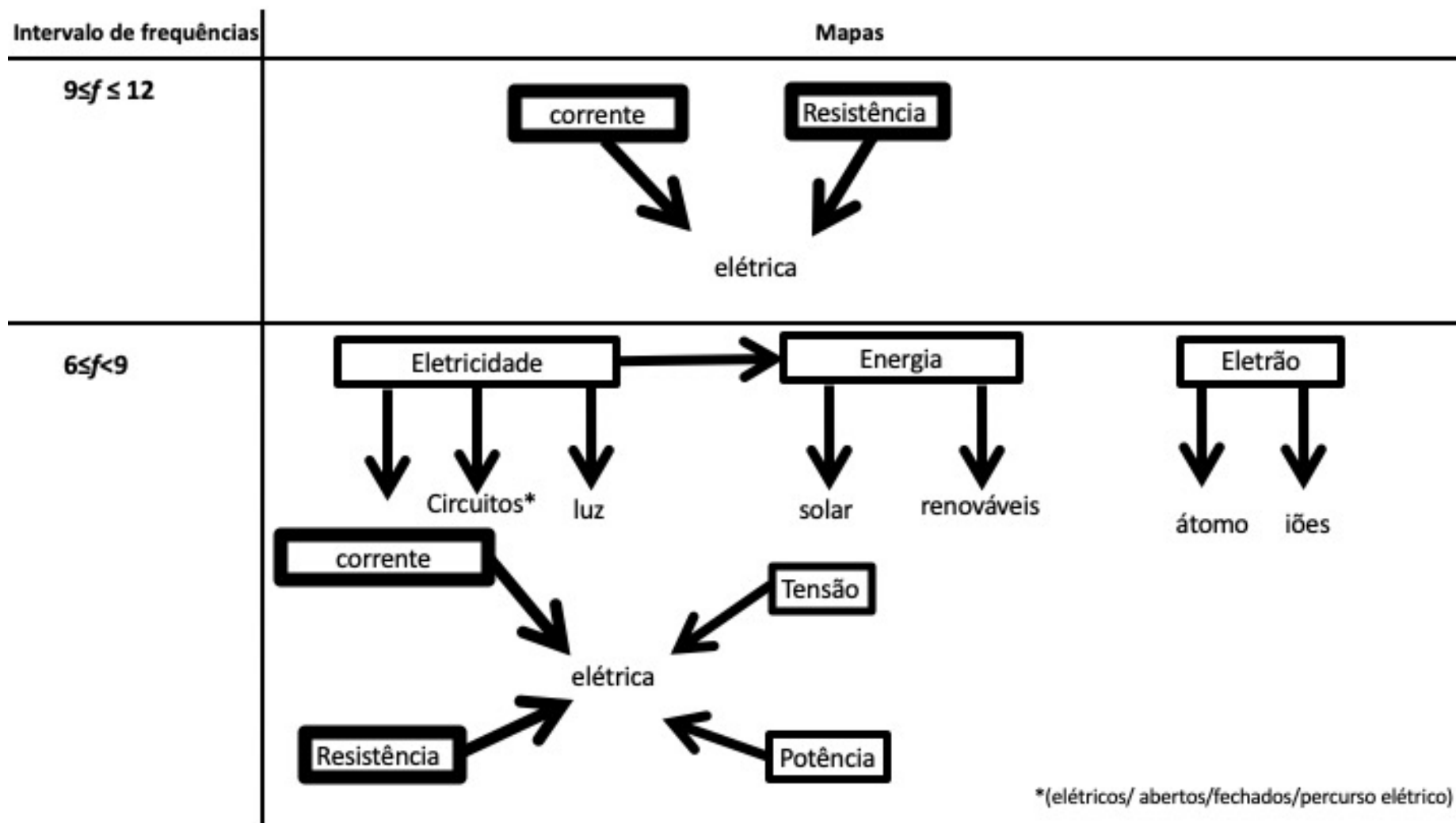


Figura 5.2: Mapas cognitivos dos alunos no pós-teste após a intervenção sobre eletricidade.

Analisando as frases escritas pelos alunos, observamos que na generalidade estas se relacionam com o tema da eletricidade e algumas delas referem-se a conceitos, embora com algumas concepções erróneas e nem sempre com a linguagem científica mais adequada.

Como podemos ver, pelas frases dos alunos as concepções que estes têm sobre eletricidade estão já, na sua maioria, relacionadas com eletricidade e vão de encontro ao que eles foram aprendendo durante as aulas. As frases são contextualizadas no tema em estudo, a eletricidade, como se pode ver no Quadro 5.4. A natureza das relações que estabeleceram no pós-teste confirmam que estas palavras estímulo já lhes são mais familiares e o conhecimento científico dos alunos foi alterado. Por exemplo, a associação da palavra Tensão à tensão arterial desapareceu ou apareceu residualmente, e as frases que os alunos escreveram, quando a associam, referem outras palavras relacionadas como é o caso de voltímetro, diferença de potencial, energia (por exemplo: *“A tensão elétrica é medida com um voltímetro”*), embora não as tenham citado como palavras associadas na primeira parte do pós-teste (Quadro 5.4). Outra palavra estímulo que também apresentou um significado diferente no pós-teste foi a palavra Resistência que no pré-teste foi associada a força e desporto, e agora associada à palavra elétrica, no entanto, também neste caso, as frases revelam outras palavras relacionadas com a eletricidade como, por exemplo, tensão, diferença de potencial e circuito (*“As resistências elétricas permitem controlar a tensão.”* ou *“Existe um tipo de resistência, que é a resistência elétrica que são usadas em circuitos elétricos.”*), como se pode ver no Quadro 5.4. No caso da palavra Eletrão, esta continua claramente associada a átomo e a carga negativa, mas raramente a relacionam com as outras palavras estímulo.

Quadro 5. 4: Natureza das relações entre cada palavra estímulo e a palavra associada (pós-teste).

Palavra Estímulo	Frases
Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> - “Para ter <i>eletricidade</i> é preciso ter uma <i>corrente elétrica</i> que passa <i>energia</i>.” - “Na <i>eletricidade</i>, existe a <i>corrente elétrica</i>.” - “A <i>eletricidade</i> é o principal tipo de <i>energia</i> existente” - “<i>Circuito elétrico</i> é uma boa forma para passar <i>eletricidade</i> e uma forma de transportar a <i>corrente elétrica</i>.” - “A <i>eletricidade</i> produz <i>energia</i>.”
Energia	<ul style="list-style-type: none"> - “Uma fonte de <i>energia</i> é a <i>energia solar</i>.” - “Podemos produzir <i>energia</i> através do sol, resultando <i>energia solar</i>” - “<i>Energias renováveis</i> são <i>energias</i> que nunca acabam” - “Nos dias de hoje são bastante utilizadas a <i>energias renováveis</i>.”
Elétrão	<ul style="list-style-type: none"> - “O <i>elétrão</i> é um constituinte do <i>átomo</i>.” - “O <i>elétrão</i> possui uma <i>carga negativa</i>.” - “Os <i>iões</i> podem perder ou ganhar <i>elétrões</i>.” - “Para formar um <i>ião positivo</i> resulta da perda de um <i>elétrão</i> (ou mais) por parte de <i>átomos</i>.”
Corrente	<ul style="list-style-type: none"> - “A <i>corrente elétrica</i> é o que faz com que as lâmpadas se liguem.” - “A <i>corrente elétrica</i> é condutora de <i>eletricidade</i>.” - “Não há <i>corrente elétrica</i> quando o <i>circuito está aberto</i>, a <i>corrente elétrica</i> começa a circular com o <i>circuito fechado</i>.” - “A intensidade da <i>corrente elétrica</i> mede se em <i>ampere</i>.” - “Num <i>circuito elétrico</i> circula <i>corrente elétrica</i>” - “<i>Corrente elétrica</i> movimento orientado de partículas com <i>carga elétrica</i>” - “A <i>corrente elétrica</i> está ligada à <i>energia</i>.”
Tensão	<ul style="list-style-type: none"> - “A <i>tensão elétrica</i> é medida com um <i>voltímetro</i>” - “Quanto maior for a <i>tensão elétrica</i> nos terminais de um gerador, maior e a quantidade de <i>energia elétrica</i> fornecida a um recetor” - “<i>Tensão elétrica</i> é a grandeza física que mede a <i>diferença de potencial</i> elétrico entre 2 pontos.”
Resistência	<ul style="list-style-type: none"> - “Existe um tipo de <i>resistência</i>, que é a <i>resistência elétrica</i> que são usadas em <i>circuitos elétricos</i>.” - “As <i>resistências elétricas</i> permitem controlar a <i>tensão</i>.” - “<i>Resistência elétrica</i> é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de <i>corrente elétrica</i> mesmo quando existe uma <i>diferença de potencial</i> aplicada.”
Potência	<ul style="list-style-type: none"> - “A <i>potência elétrica</i> é uma grandeza física.” - “A <i>potência elétrica</i> é a taxa de variação de <i>energia</i>.” - “A <i>potência elétrica</i> é medida em watt (W).” - “As lâmpadas são caracterizadas pela sua <i>potência elétrica</i>” - “<i>Potência elétrica</i> é a medida do trabalho realizado por uma unidade de tempo.”

APRENDIZAGENS DESENVOLVIDAS PELOS ALUNOS QUANDO REALIZAM TAREFAS STEM

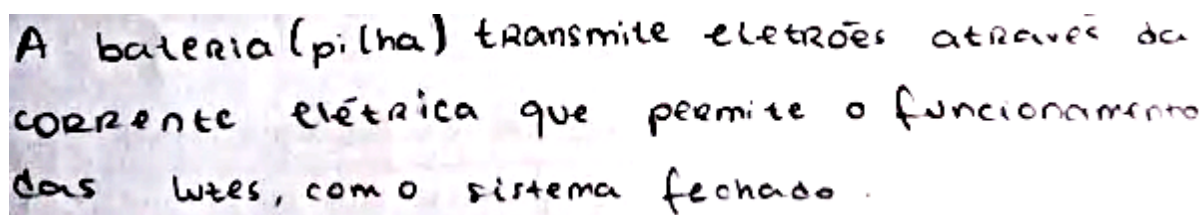
Neste ponto, pretende-se dar resposta à segunda questão orientadora. Analisam-se as aprendizagens que os alunos revelaram e que serão apresentadas por categorias: conhecimento científico, articulação STEM e processos.

CONCEITOS CIENTÍFICOS

Cada tarefa foi elaborada para que os alunos trabalhassem os conceitos científicos inerentes à subunidade da eletricidade – “Corrente elétrica e circuitos elétricos”, dando cumprimento às Orientações Curriculares e Aprendizagens Essenciais. Nesse sentido, e na perspetiva de uma abordagem STEM (contextualizada na Engenharia reversa e aplicada, em concreto, na tarefa 5 – projeto de construção de um robô), em cada tarefa foram trabalhados os conceitos de eletricidade relativos a: circuitos elétricos com associação em série e em paralelo de componentes elétricos (neste caso em particular, lâmpadas); condutibilidade elétrica; corrente elétrica e tensão elétrica, suas grandezas e unidades SI, e sua distribuição nos circuitos referidos; resistência elétrica e respetiva grandeza e unidade SI.

Na primeira tarefa, os conceitos abordados centraram-se nos circuitos com associação de lâmpadas em série e em paralelo. Partindo de um artefacto com um circuito elétrico incorporado, os alunos identificaram os seus constituintes principais, compreenderam o seu funcionamento e as funções de cada elemento do circuito.

No registo, abaixo (Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 5, Grupo II), o grupo recorre ao conceito de corrente elétrica para explicar o funcionamento do circuito elétrico referindo a necessidade de ter o circuito fechado.



A bateria (pilha) transmite eletrões através da corrente elétrica que permite o funcionamento das lizes, com o sistema fechado.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 5, Grupo II)

Na mesma tarefa, questão 7, foi pedido aos alunos que fizessem uma síntese do que aprenderam, tendo estes referido sobretudo os tipos de associação de componentes (lâmpadas)

- em série e paralelo - das suas caixas mistério. Embora com alguma dificuldade na escrita e no uso de linguagem científica, ficou claro (Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 7, Grupo VI e dados de campo) a aprendizagem do conceito de associação em série e em paralelo e as suas diferenças.

com esta atividade descobrimos que
existem dois tipos de circuitos elétricos,
um circuito paralelo e um circuito ~~em~~ série,
o circuito que nós executamos foi o paralelo,
que é o circuito em que as lâmpadas não estão
seguindo-se o em série e quando estão seguidas
* e têm dois pontos comuns (nós)

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 7, Grupo VI)

Na tarefa 2 onde se explorou a condutibilidade elétrica de materiais do dia a dia também é notório pelos registos escritos e discussão, em sala de aula, que os alunos aprenderam as diferenças e conseguiram distinguir, claramente, um condutor de um isolador, como mostra o registo seguinte (Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 5, Grupo VI), onde os alunos após terem escolhido um conjunto de diferentes objetos e de os terem testado usando a caixa mistério, conseguiram classificá-los de bons condutores e isoladores.

<ul style="list-style-type: none"> - borracha - papel - tecido - lápis - sortão de vidro 	<ul style="list-style-type: none"> - molde - tesoura (metal) - compasso (metal) - alumínio - mina de lapiseira - parafuso
<u>isoladores</u>	<u>condutores</u>

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 5, Grupo VI)

A maioria dos materiais usados foram metais, tendo eles constatado que os metais são bons condutores, algo que para já era claro. No Entanto, puderam verificar que nem só os metais são condutores. Foi com espanto que ao testarem a mina das suas lapiseiras concluíram

que esta também era condutora de corrente elétrica, desmistificando assim a ideia de que só os metais teriam essa propriedade.

Na tarefa 3, a questão 7 que propunha uma aplicação das aprendizagens (análise de dois circuitos, semelhantes aos das caixas mistério, com indicação de alguns dados relativos a corrente e tensão) podemos ver, pelos registos efetuados pelos alunos, que as aprendizagens sobre circulação da corrente elétrica e sobre a diferença de potencial aos terminais dos vários componentes, em circuitos com associação de lâmpadas em série e em paralelo, também foi conseguida.

A maioria dos alunos, após terem experimentalmente medido e interpretado os dados obtidos (questões 1 a 6 da tarefa) conseguiram aplicar os conhecimentos a uma nova situação (Questão 7), como mostram os exemplos seguintes:

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3 Questão 7 (alínea 7.2), Grupo IV)

No exemplo acima (Registo escrito dos alunos, Tarefa 3 Questão 7 (alínea 7.2), Grupo IV) era pedido para indicar o valor registado por um amperímetro colocado num circuito com uma associação em série de duas lâmpadas, dando o valor medido na outra. Os alunos, não só, indicaram corretamente o valor da corrente, como deram uma justificação para a sua resposta.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3 Questão 7 (alínea 7.3), Grupo IV)

Outro exemplo das aprendizagens dos alunos, na realização da tarefa 3, é o Registo escrito dos alunos, Tarefa 3 Questão 7 (alínea 7.3), Grupo IV, onde foi pedido para os alunos referirem a diferenças de brilho que observaram nas lâmpadas, em cada um dos circuitos apresentados, justificando. Também nesta subalínea a maioria dos grupos, não só, responderam indicando que no circuito em série o brilho era igual nas duas lâmpadas e no circuito com associação em paralelo o brilho era diferente, como também apresentaram como justificação, para a diferença de brilho, a diferente circulação de corrente elétrica, mostrando assim terem

compreendido que o brilho emitido pelas lâmpadas estava relacionado com a corrente elétrica que circula em cada uma delas.

Nos registos da reflexão final sobre as aprendizagens, após as 4 tarefas, também ficaram claros os conhecimentos e conceitos científicos adquiridos pelos alunos no decorrer da subunidade de eletricidade:

a corrente elétrica é um movimento orientado de partículas com carga elétrica (elétrons e íons) através de um meio condutor.
↓
mede-se em amperes (A) → com um amperímetro.

um circuito elétrico tem pelo menos 3 elementos: uma fonte, um receptor e os fios condutores.

os circuitos são em série e em paralelo ✓

A tensão elétrica → mede-se em volts (V) → com um voltímetro
↓
é a diferença potencial elétrica entre 2 pontos.

resistência elétrica: capacidade de um corpo se opor à passagem da corrente elétrica.

(Registo escrito dos alunos, Reflexão sobre as aprendizagens, Grupo I)

→ Nesta atividade aprendemos como funcionam e são os circuitos elétricos: Série e Paralelo. ✓

→ NO circuito em Paralelo, verificamos que as duas lâmpadas não acendem ao mesmo tempo ao contrário de um circuito em Série.

→ A corrente elétrica mede-se com o amperímetro → A (ampères) (Unidade SI) ✓

→ A tensão elétrica mede-se com o voltímetro → V (Volts) (Unidade SI) ✓

→ A diferença potencial no circuito em paralelo é $U = U_1 + U_2$ e em série é $U = U_1 = U_2$.

→ A intensidade é igual $I_{\text{série}} = I_1 = I_2$ ✓ e $I_{\text{paralelo}} = I_1 + I_2$

→ Para determinar uma resistência podemos utilizar o código de cores ou um ohmímetro ✓

(Registo escrito dos alunos, Reflexão sobre as aprendizagens, Grupo IV)

No registo escrito dos alunos, reflexão sobre as aprendizagens, Grupo I e IV (os exemplos mais representativos e mais completos de respostas dadas) podemos ver que, em geral, os grupos mostraram saber: o que é um circuito, e distinguir os tipos de associações de componente nos

circuitos; que a corrente elétrica, a tensão e as resistências estão associadas aos circuitos e conhecer as respectivas unidades e símbolos. No entanto, o grupo I referiu-se preferencialmente ao “o que é”, preocupando-se com as definições ou conceitos, enquanto o grupo IV referiu-se sobretudo ao “como funciona”, por exemplo, à diferente distribuição da corrente elétrica e da tensão elétrica, nos diferentes tipos de associações, como se pode medir a resistência, e ainda a observações feitas ao longo das tarefas, como por exemplo o funcionamento das lâmpadas nas diferentes caixas mistério. De referir apenas que o grupo IV fez uma troca na distribuição da diferença de potencial em série com a distribuição em paralelo, que provavelmente se deve apenas a uma distração.

ARTICULAÇÃO STEM (ENGENHARIA REVERSA E PROJETO)

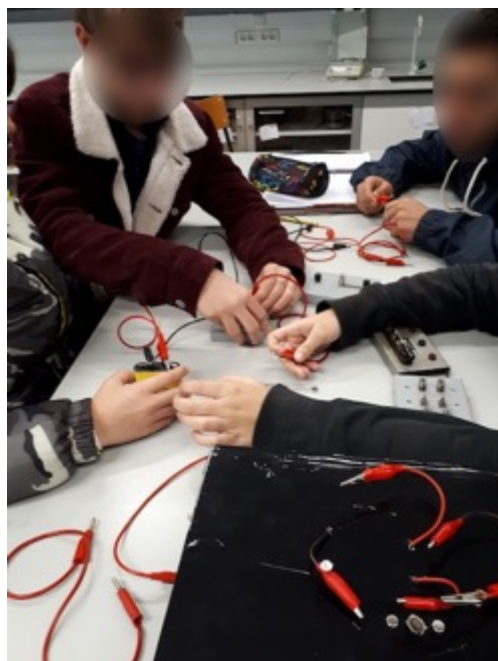
No que se refere à articulação STEM, os alunos revelaram-se bastante ativos e motivados. Tendo em conta o contexto de engenharia reversa a maioria dos alunos conseguiu, a partir de um artefacto elétrico, compreender o seu funcionamento, fazer a sua desconstrução identificando os seus componentes, como mostram as imagens seguintes:



(Registo fotográfico dos alunos, Tarefa 1, Questão 1, Grupos IV e V (esquerda) e Grupo II (centro) Grupos II e VI (direita))

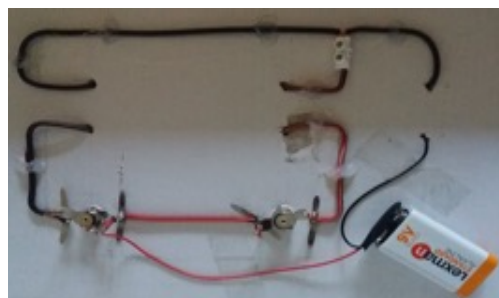
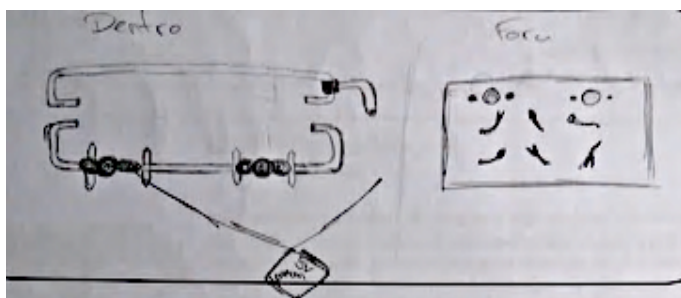
A maioria dos grupos conseguiu reproduzir experimentalmente os circuitos que encontraram nas caixas mistério (*Registo fotográfico dos alunos, Tarefa 1, Questão 4, Grupo III e Grupo V*), seguindo o esquema elétrico ou seguindo o circuito que observaram na caixa, e testar o seu funcionamento. Contudo, nem todos conseguiram a montagem do circuito com a

mesma facilidade, sobretudo no que diz respeito a seguir o esquema elétrico. Alguns grupos precisaram de alguma orientação e ajuda para fazer as ligações (notas de campo).

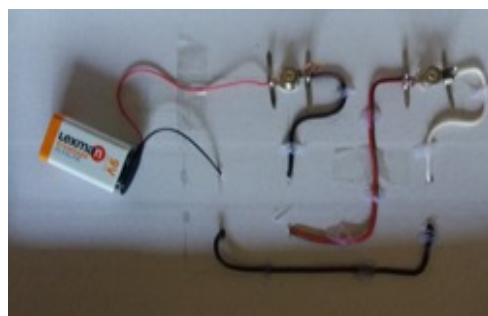
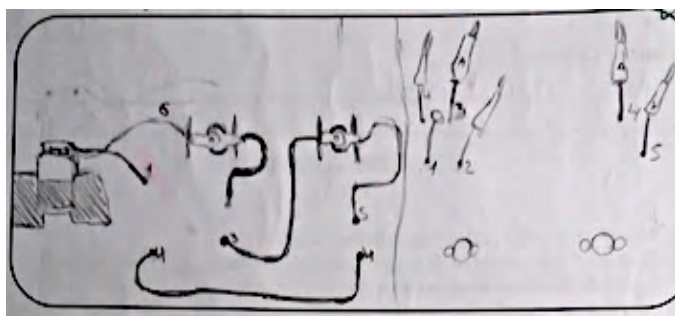


(Registo fotográfico dos alunos, Tarefa 1, Questão 4, Grupo III e Grupo V)

Quando foi pedido, aos alunos, que desenhassem ou fizessem o esquema do que observaram dentro da caixa mistério, os alunos reproduziram o desenho do circuito tal como o observaram (ver nos registos abaixo), o que era espectável uma vez que não tinham conhecimentos prévios para fazer um esquema elétrico nem conheciam a simbologia usada. Contudo, tiveram o cuidado de desenhar e identificar com legenda, o que observaram no interior e no exterior da caixa, (como mostram os registos escritos dos alunos, Tarefa 1, Questão 3, Grupo IV e Grupo III).



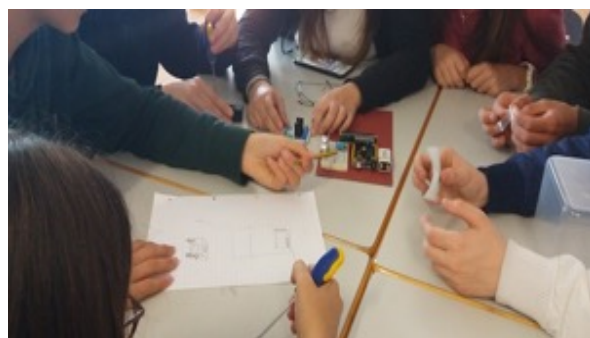
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 3, Grupo IV (esquerda) e registo fotográfico do interior da caixa mistério – circuito com associação de lâmpadas em série (direita))



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 3, Grupo III (esquerda) e registo fotográfico do interior da caixa mistério – circuito com associação de lâmpadas em paralelo (direita)).

Quanto à Tarefa 5, relativa ao “Projeto Missão Mars 2020”, que foi realizada em parceria com as aulas de TIC, os alunos tiveram uma aula de apresentação do projeto onde foram mostrados dois vídeos da *NASA*, de vários protótipos de robots já concebidos e das suas funcionalidades. Os alunos não tiveram dificuldade em referir as várias funcionalidades dos robôs que foram apresentados nos vídeos.

Foram também apresentados os vários materiais e componentes elétricos e eletrónicos com que iriam trabalhar, bem como, esquemas de ligações (dado que os alunos estão a ter contacto, pela primeira vez, com conteúdos relativos à eletricidade e à eletrónica, optou-se por fornecer alguns esquemas que os ajudariam a ligar os vários componentes). Tendo em conta a componente de STEM, engenharia, os alunos demonstraram estar à vontade para planear o seu robot, embora, por vezes, com dificuldades em chegar a um consenso, dado que os grupos eram apenas 2 (um protótipo por turno) e por isso demasiados alunos a interagir por grupo.



(Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, Planificação, Turno 1(esquerda) e turno 2 (direita))

A forma como planearam os *robôs* foi diferente nos dois grupos, um optou por previamente fazer o desenho do protótipo numa folha de papel e depois passaram à montagem do mesmo (Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, Planificação, Turno 1), o outro grupo optou por pegar nos diferentes componentes e distribuí-los na base que serviu

de suporte, sem um desenho prévio do protótipo (Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, Planificação, Turno 2).

De salientar que, o grupo do turno 1 conseguiu avançar mais rapidamente no projeto e de uma forma mais concertada do que o turno 2, possivelmente porque traçaram um plano inicial que, embora no decorrer da montagem tenha sofrido algumas variações, serviu de ponto de partida e guia para a criação do protótipo.

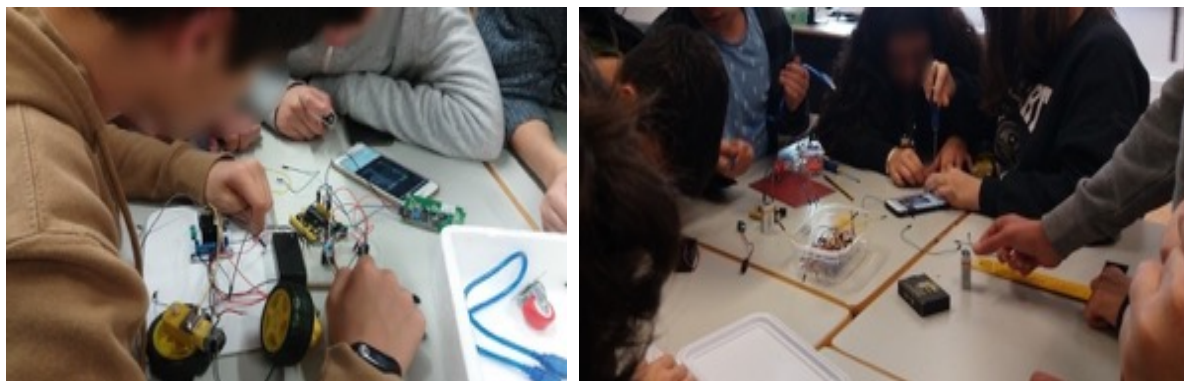
Ao longo da tarefa, para além das questões relativas ao posicionamento dos vários componentes (rodas, sensor ultrassónico, sensor de temperatura e humidade e respetivo ecrã, placa *Arduino*, controlador de motor (*shield*), e placa de circuito ou *breadboard*) e ao modo de ligar os vários componentes do circuito (Componente Ciência e Engenharia do STEM), os alunos foram também confrontados com outras questões como: estabilidade e equilíbrio do robô, distribuição de massa, conhecimentos que foram aprendidos em unidades curriculares anteriores, que tiveram de relembrar e ter em consideração. Estas questões, foram sendo resolvidas, algumas vezes autonomamente, sendo eles próprios a discutir o problema de engenharia e a encontrar a solução, outras vezes, com ajuda dos professores.



(Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, pré-montagem do robot, Turno 1)

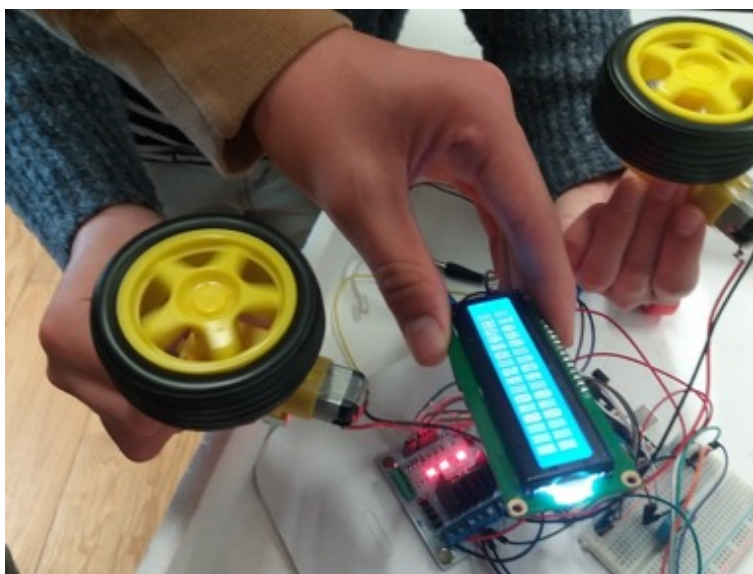
Durante a montagem dos vários componentes elétricos e eletrónicos, e dada a complexidade de algumas ligações, nomeadamente da placa *Arduíno*, os alunos, recorreram a esquemas de montagem e vídeos exemplificativos, que lhes foram fornecidos. Isto é, foram confrontados com a leitura de esquemas elétricos diferentes e mais complexos do que os usados nas tarefas anteriores, para ligar os vários componentes (alguns que desconheciam), o que dificultou a compreensão das ligações a realizar, na fase inicial. Os alunos referiram que “É como fazer uma construção em Lego, mas sem instruções” (notas de campo). O registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, montagem dos circuitos, abaixo,

mostra os grupos a seguir os esquemas a partir do telemóvel (recurso às TIC) durante a fase de montagem dos circuitos elétricos dos robôs.



(Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, montagem dos circuitos, Turno 1 (esquerda) e Turno 2(direita))

No entanto, com algum apoio por parte dos professores, os grupos conseguiram colocar os circuitos a funcionar como mostram o registo fotográfico seguinte.



(Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, Teste de rodas e display do sensor de temperatura e humidade, Turno1)

O uso da tecnologia focou-se na programação *Arduíno* (microcontrolador) que permitiu aos alunos programar o movimento das rodas do robô, o sensor ultrassónico para deteção de obstáculos e o sensor de humidade e temperatura do ar, as funcionalidades escolhidas para o robô. Podemos ver, acima, o registo fotográfico de um dos turnos onde o ecrã do sensor mostra os valores de temperatura e humidade e as rodas em movimento.

PROCESSOS

Neste ponto serão analisados os dados referentes aos resultados das aprendizagens, realizadas no domínio processual, pelos alunos, durante a realização das tarefas propostas. Esta categoria será analisada tendo em conta as seguintes subcategorias: (a) planeamento de experiências; (b) construção de representações; (c) construção de tabelas/organização de dados; e (d) conclusões/argumentações tiradas pelos alunos.

(a) Planeamento de Experiências

Na tarefa 2, foi pedido aos alunos para planearem uma experiência que permitisse testar a condutividade de diferentes materiais. Foram poucos os grupos que conseguiram escrever, passo a passo, o procedimento. Como mostram os registos, abaixo apresentados, alguns grupos conseguiram indicar os passos que teriam que seguir e a sua ordem, embora, na escrita, não tenham usado uma linguagem adequada (“escolhemos” em vez de “escolher”, ou “...testamos vários...” em vez de “testar vários”, “observamos com quais deles é conduzida...” em vez de “observar quais deles conduzem...”).

-
- The image shows two columns of handwritten notes in blue ink. The left column, labeled 'Grupo III (esquerda)', contains three numbered steps: 1- 'Escolhemos um par de crocodilos', 2- 'com eles, testamos vários materiais com composições diferentes', and 3- 'Observamos com quais deles é conduzida a corrente elétrica'. The right column, labeled 'Grupo IV(direita)', contains three bullet points: '- Colocar materiais com condutividades diferentes.', '- Testá-los com o auxílio dos crocodilos', and '- Registrar o que observámos'.
- 1- Escolhemos um par de crocodilos
 - 2- com eles, testamos vários materiais com composições diferentes
 - 3- Observamos com quais deles é conduzida a corrente elétrica
- Colocar materiais com condutividades diferentes.
 - Testá-los com o auxílio dos crocodilos
 - Registrar o que observámos

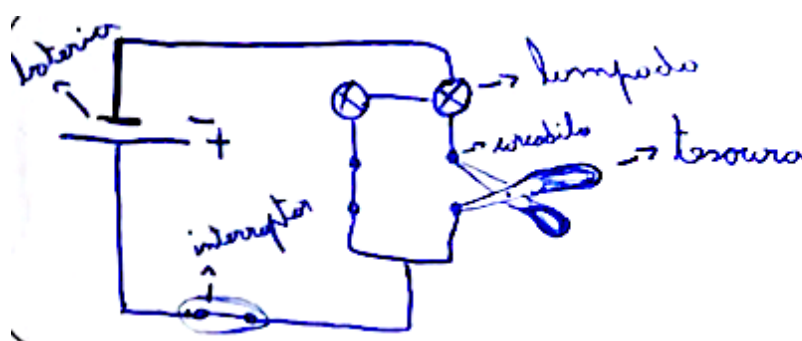
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 1, Grupo III (esquerda) e Grupo IV(direita))

O grupo IV foi o que mais se aproximou da planificação da experiência (Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 1, Grupo IV). No entanto, oralmente, os alunos conseguiram, mais facilmente, elencar os passos que teriam que dar para realizar a experiência.

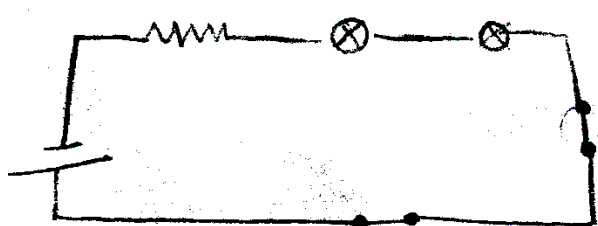
(b) Construção de Representações

Nas várias tarefas propostas aos alunos foi-lhes pedido uma representação esquemática dos circuitos elétricos. Embora na primeira tarefa os alunos apenas tenham desenhado o circuito, exatamente, como o estavam a observar, dado que não lhes foi dada qualquer informação acerca de como deveriam representar um circuito elétrico (como mostra o Registo

escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 3, Grupo III, em 5.2.2), nas tarefas seguintes a maioria dos grupos conseguiu fazer a respetiva representação, assim como, incluir no circuito novos componentes como: aparelhos de medida, resistências (*Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 2, Grupo I*) ou outros componentes, como foi o caso da tarefa 2 onde testaram vários objetos, do seu dia a dia, para identificar a sua condutibilidade elétrica (*Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, Grupo VI*). Na generalidade, todos grupos conseguiram compreender como se constroem diagramas dum circuito e a sua utilidade. É de notar também que se preocupam em fazer a respetiva legenda, mostrando assim reconhecerem a simbologia usada.



(*Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, Grupo VI*)



Resistência no circuito
em série.

(*Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 2, Grupo I*)

Em todas as tarefas foi pedido que fizessem a representação do esquema elétrico do circuito e a maioria dos grupos conseguiu fazer a sua representação revelando aprendizagens relativamente à representação de esquemas elétricos e simbologia adequada.

(c) Construção e preenchimento de Tabelas/ Organização de dados

A tarefa 3, tinha como objetivos: compreender de que modo circula a corrente elétrica e se distribui a diferença de potencial em circuitos com associação de componentes em série e em paralelo e, conhecer os diferentes aparelhos de medida, unidades SI das grandezas e respetiva simbologia.

Na questão 1 era pedido que completassem uma tabela onde identificassem os aparelhos de medida, a sua função e como deveriam ligá-los no circuito. A maioria dos grupos conseguiu identificar os aparelhos e respetiva funcionalidade, como se pode ver nos exemplos abaixo. Contudo, apenas um grupo revelou também aprendizagem quanto ao modo como deveria ligar os aparelhos de medida no circuito (Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 1, Grupo VI). Os restantes grupos parecem não ter compreendido o que era pedido (ex: Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 1, Grupo IV).

Aparelho	Função	Como ligar
Voltímetro	medem a diferença potencial ou tensão	possui 2 pontas que se ligam a dois pontos diferentes do circuito
Amperímetro	medir a corrente elétrica	possui 2 pontas que se ligam a dois pontos diferentes do circuito

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 1, Grupo IV)

Aparelho	Função	Como ligar
Voltímetro	Medir a tensão elétrica	Paralelo ✓
Aperímetro Aperímetro	medir corrente elétrica	Série

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 1, Grupo VI)

Na questão 3 e 4 era pedido aos alunos que construíssem tabelas para registo de dados da diferença de potencial medida (Questão 3) e Corrente elétrica (questão 4). A maioria dos grupos conseguiu criar tabelas adequadas, no entanto, não identificaram a grandeza nem as unidades em que fizeram as medições, como mostram os exemplos a seguir. Apenas um grupo teve essa preocupação, embora não tenha identificado corretamente o símbolo da intensidade.

	Lamp.1	Lamp.2	Pilha
Série	9	4,5	4,5
Paralelo	7,0	7,0	7,0

	A ₁	A ₂	A ₃
Paralelo	0,3	0,3	0,3
Série	0,3	0,15	0,15

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 3(esquerda) e Questão 4 (direita), Grupo IV)

		Potência (W)		
Serie	U(V)	10V	10V	10V
		45V	40V	85V
Paralela	U(V)	7	7	7

	A ₁	A ₂	A ₃	
Serie	0,3	0,3	0,3	U(A)
Paralela	0,3	0,15	0,15	U(A)

(Registo escrito dos alunos, Tarefa, Questão 3(esquerda) e Questão 4 (direita), Grupo VI)

Na tarefa 4, cujos objetivos eram compreender o papel das resistências num circuito e o seu efeito nos valores da corrente elétrica e diferença de potencial, e identificar a grandeza, unidade e respetiva simbologia. Os alunos, mais uma vez, foram desafiados a medir e fazer registo de medições, mas neste caso, não era pedido expressamente que construíssem tabelas. Assim, foram poucos os grupos que revelaram alguma organização de dados ou recorreram a tabelas, como mostram os exemplos a seguir:

Ohmímetro		
R ₁ - 2,35Ω	R ₁ - 2Ω → ±0,5%	R = 100
R ₂ - 95 a 105Ω	R ₂ - 98Ω → ±0,5%	100-5 < R < 100+5
R ₃ - 24 a 27Ω	R ₃ - 26Ω → 0,5%	95 105

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 2, Grupo IV)

V	C/resistências		S/resistências	
	1	2	1	2
R ₁	0,00	0,00	4,19	3,50
R ₂	2,90	2,80		
R ₃	0,44	0,50		

R ₁ = 98Ω	U = 4,15V	I = 0,3V
R ₂ = 27Ω	U = 0,6V	I = 4,7V
R ₃ = 27Ω	U = 2,75V	I = 0,8V

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 3, Grupo IV (esquerda) e Grupo VI (direita))

Os alunos, embora tenham medido os valores de várias resistências (Questão 2), da corrente e diferença de potencial (Questão 3), em vários pontos do circuito, foram poucos os que fizeram o registo de forma organizada, ou identificaram, as grandezas em causa e respetivas unidades.

(d) Conclusões/ Argumentações apresentadas pelos alunos

Relativamente às conclusões e argumentações apresentadas pelos alunos ao longo das várias tarefas podemos ver pelos exemplos seguintes que os alunos, no geral, foram capazes de concluir, por exemplo, sobre a função dos componentes num circuito (tarefa 1, questão 6):

Bateria \rightarrow transmite energia para poder ligar as luzes
Cabo \rightarrow conduz a energia para os interruptores
interruptor \Rightarrow serve para ligar e desligar as luzes
lampadas \Rightarrow recebe a eletricidade para acender a luz

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 6, Grupo V)

Ou como funciona um circuito elétrico em série e em paralelo (Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 7, Grupo VI). Há, contudo, uma dificuldade no uso de linguagem científica. Os alunos usam ou associam as expressões que ouvem e/ou usam no seu dia a dia quando fazem referência à eletricidade.

Relativamente, à tarefa 3, onde é pedido para concluir sobre a distribuição da corrente elétrica e diferença de potencial, em circuitos com associação em série e em paralelo (caixas mistério), apesar de oralmente todos os grupos mostrarem compreensão acerca dessa distribuição, poucos foram os grupos que fizeram o registo escrito dessas conclusões e, ainda assim, o registo que deveria ter sido dividido pelas questões 5 e 6 acabou por ser apenas feito, na totalidade, na questão 5, como mostram os exemplos seguintes:

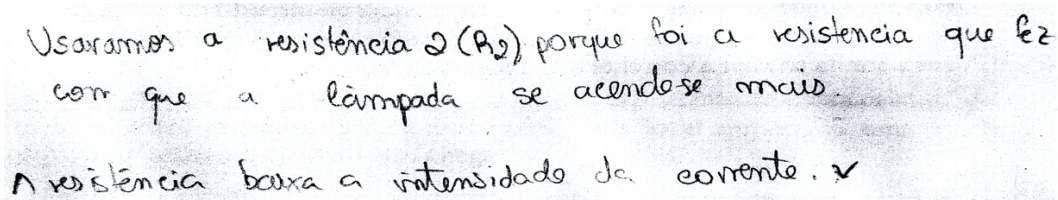
série \rightarrow mantém-se a corrente e a diferença de potencial divide-se.
paralelo \rightarrow mantém-se a diferença de potencial e divide-se a corrente.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 5, Grupo I)

	diferença de potencial	corrente elétrica
Série	$U = U_1 + U_2$	$I = I_1 = I_2$
Paralelo	$U = U_1 = U_2$	$I = I_1 + I_2$

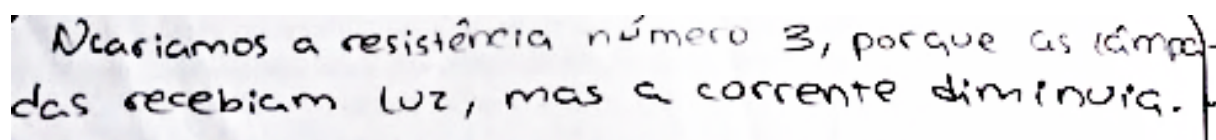
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 5, Grupo VI)

Na tarefa IV também surgem evidências das aprendizagens nesta subcategoria. No geral os alunos conseguiram tirar conclusões acerca da função da resistência, justificando o uso de uma determinada resistência com a relação intensidade luminosa e respetiva corrente elétrica, como se pode observar pelos exemplos seguintes:



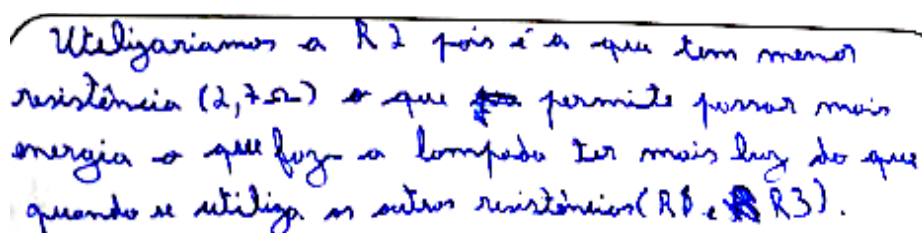
Usaramos a resistência 2 (R_2) porque foi a resistência que fez com que a lâmpada se acendesse mais.
A resistência baixa a intensidade da corrente. ✓

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, Grupo I)



Usamos a resistência número 3, porque as lâmpadas recebiam luz, mas a corrente diminuía.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, Grupo IV)



Utilizaremos a R_2 pois é a que tem menor resistência ($2,7\Omega$) e que ~~fora~~ permite passar mais energia e que faz a lâmpada ter mais luz do que quando se utiliza as outras resistências (R_1 e R_3).

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, Grupo VI)

Tendo em conta as primeiras 4 tarefas, os alunos, apesar de alguma dificuldade na redação das suas conclusões e argumentações apresentam evidências de compreensão das aprendizagens essenciais propostas nesta subunidade de Eletricidade. Acresce o facto de serem conteúdos abordados pela primeira e, talvez, por isso, revelam alguma dificuldade em termos de uso de linguagem científica adequada, como sugere o exemplo acima (Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, Grupo I) onde os alunos usam a expressão “acende-se mais” para se referirem à intensidade luminosa (maior brilho).

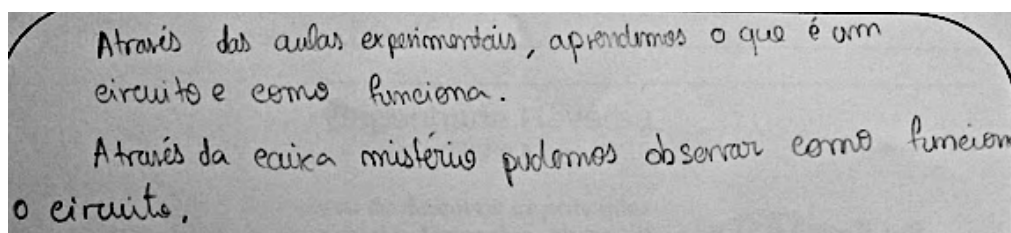
DIFICULDADES APRESENTADAS PELOS ALUNOS QUANDO REALIZAM TAREFAS STEM

Ao longo da realização das tarefas propostas os alunos depararam-se com algumas dificuldades na sua execução. Ao longo desta secção serão apresentadas e analisadas evidências dessas dificuldades.

Foram várias as dificuldades detetadas ao longo da realização das diferentes tarefas propostas, apresentadas aos alunos, no âmbito da subunidade de eletricidade já apresentada anteriormente. Algumas das dificuldades foram ultrapassadas, de tarefa para tarefa, mas outras foram persistindo ao longo da realização das várias tarefas, nomeadamente: a utilização, organização de ideias e planificação de experiências; utilização de linguagem científica adequada; organização de dados; identificação de grandezas e respetivas unidades; compreensão ou interpretação das questões propostas e justificação de respostas. Respeitando as categorias do subcapítulo anterior

DESCRIÇÃO DE UMA OBSERVAÇÃO

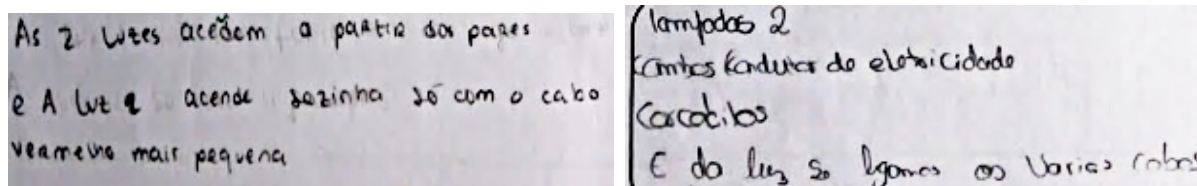
Os grupos revelaram alguma dificuldade em descrever o que observaram. Foram muito vagos nas respostas que deram (Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 7, Grupo I), sem se importarem com grandes detalhes ou pormenores que possam ter observado.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 7, Grupo I)

Outra dificuldade observada, e que parece estar relacionada com as dificuldades descritas anteriormente, prende-se com a capacidade de fazer um resumo das aprendizagens mais importantes da tarefa (Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 7, Grupo I). O exemplo mostra duas frases cujo conteúdo é equivalente e onde o grupo não especificou o funcionamento e o tipo de circuito que encontrou dentro da caixa mistério (associação de lâmpadas em série ou em paralelo, dependendo da caixa) nem as diferenças mais evidentes entre os dois tipos de caixas (o brilho ou como funcionam as lâmpadas quando se ligam e

desligam os vários interruptores, por exemplo). A maioria dos grupos (4 grupos em 6) não respondeu, por escrito, a esta questão.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, Grupo I e Grupo VI)

Em tarefas onde foi pedido o registo de medições e outras observações importantes, em simultâneo, apenas referiram o valor numérico das medições realizadas, como no exemplo seguinte (Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 3, Grupo II (esquerda) e Grupo VI(direita)). Apenas um grupo indicou a diferença na intensidade do brilho das lâmpadas.

a) 2,6	$R1 = 98 \Omega$	$U = 4,15 V$	$I = 0,3 V$
b) 4,6	$R2 = 2,7 \Omega$	$U = 0,6 V$	$I = 4,7 V$
c) 10,6	$R3 = 27 \Omega$	$U = 2,75 V$	$I = 0,8 V$

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 3, Grupo II (esquerda) e Grupo VI (direita))

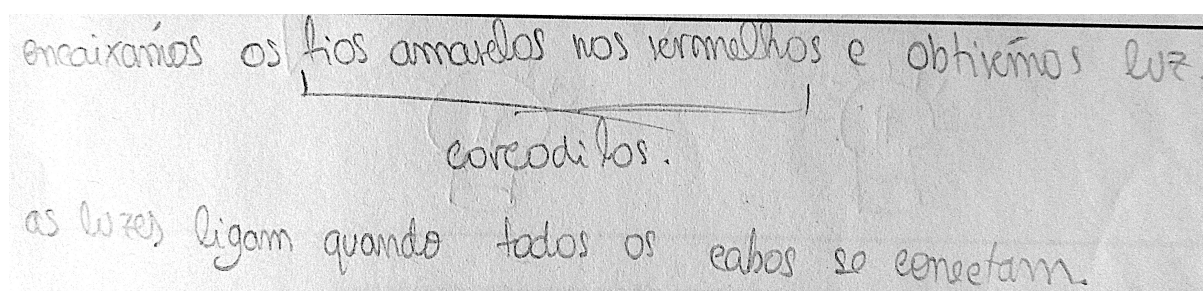
Contudo, aquando da exploração das tarefas em sala de aula, os grupos conseguiram, com maior facilidade dar uma resposta adequada, apesar de, nem sempre usarem uma linguagem científica adequada (notas de campo). O que pode significar que a dificuldade em descrever uma observação pode estar relacionada com a dificuldade em usar linguagem científica.

USO DE LINGUAGEM CIENTÍFICA ADEQUADA

O uso de linguagem científica adequada, foi uma dificuldade sentida pelos alunos e manifestada nos registos realizados pelos vários grupos, como revela o exemplo da alínea anterior (Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, Grupo I e Grupo VI).

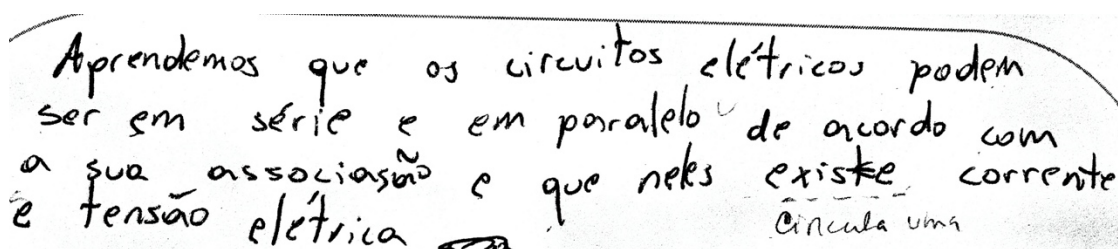
É notório, na maioria das tarefas propostas, o uso de um vocabulário e uma linguagem típica de conversas do dia a dia dos alunos em detrimento de um vocabulário e ou linguagem científica usada para designar termos relativos aos conteúdos de eletricidade, com a qual foram contactando ao longo das aulas.

Este tipo de linguagem, usada no quotidiano dos alunos, está bem presente quando se referem, por exemplo, às lâmpadas (“luzes”) ou ao brilho das lâmpadas quando acendem (“dá luz”), como se pode ver no registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, Grupo I e Grupo VI. Ou, no exemplo abaixo (Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, Grupo 1), onde se pode ler “encaixamos os fios” (ligamos os fios elétricos) “e obtivemos luz” (para indicar que as lâmpadas acenderam), ou “as luzes ligam quando todos os cabos se conectam”.



encaixamos os fios amarelos nos vermelhos e obtivemos luz.
conectados.
as luzes ligam quando todos os cabos se conectam.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, Grupo 1)

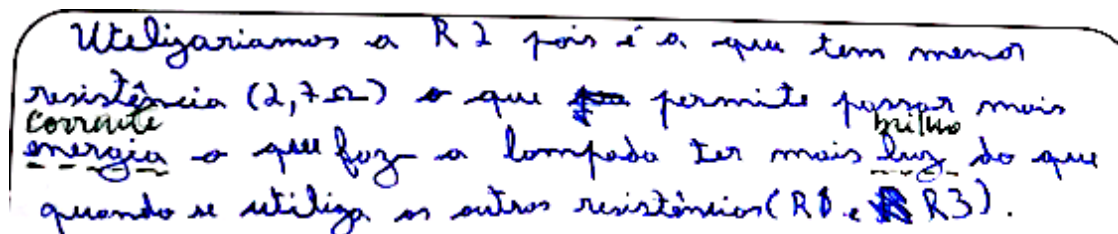


Aprendemos que os circuitos elétricos podem ser em série e em paralelo de acordo com a sua associação e que neles existe corrente e tensão elétrica. circula uma

(Registo escrito dos alunos, Reflexão sobre as aprendizagens, Grupo III)

O registo acima (Registo escrito dos alunos, Reflexão sobre as aprendizagens, Grupo III) é outro exemplo da dificuldade na utilização de linguagem científica adequada, quando o grupo refere que existe uma corrente e uma tensão elétrica nos circuitos quando deveriam referir: “... e que neles circula uma corrente elétrica gerada por uma tensão elétrica”.

No registo seguinte (Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, Grupo V) é descrita mais uma evidência da dificuldade em usar linguagem científica, quando o grupo de alunos se referiu à corrente elétrica como “energia” e ao brilho da lâmpada como “luz”.



Utilizaremos a R2 pois é a que tem menor resistência (2,7Ω) e que permite passar mais corrente e energia e que faz a lâmpada ter mais luz do que quando se utiliza as outras resistências (R1 e R3).

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, Grupo V)

No exemplo abaixo (Registo escrito dos alunos, Reflexão sobre as aprendizagens, Grupo V), o grupo referiu-se à unidade da grandeza corrente elétrica pelo seu símbolo representativo (A) e o mesmo fez com a tensão elétrica (U), embora entre parênteses refira o nome da unidade, quando deveria ser ao contrário. Foi recorrente ao longo da discussão da tarefa ouvir volts, e amperes quando se referiam, respetivamente, à diferença de potencial e à corrente elétrica (dados de campo).

Corrente elétrica mede-se em (A) usando o aparelho
tensão elétrica mede-se em (U (volts)) usando o
voltímetro.

(Registo escrito dos alunos, Reflexão sobre as aprendizagens, Grupo V)

A linguagem, usada no do dia a dia, associada à eletricidade, esteve também muito presente quando de discutiram oralmente as tarefas (dados de campo).

PLANIFICAR UMA EXPERIÊNCIA

Quando foi pedido aos alunos, por exemplo na Tarefa 2, que planeassem uma experiência que permitisse identificar bons e maus condutores estes, na sua maioria, não referem, passo a passo, como deveriam proceder (procedimento experimental) para testar vários materiais, condutores e não condutores. Referiram apenas que podiam usar materiais de metal ou plástico, mas não de que forma ou qual a sequência dos procedimentos a realizar, como mostram os excertos seguintes.

r: respondo a questão da maria, afirmamos que para ligar o sir-
cuito da caixa mistério podemos utilizar mais materiais sem
ser o cobre.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 1, Grupo II)

A maioria poderia usar materiais de metal, e de plástico e depois observar a diferença

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 1, Grupo V)

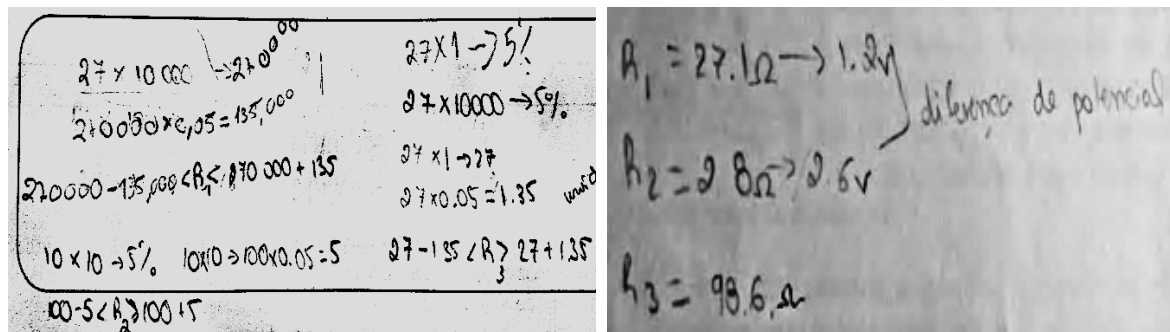
Apenas dois grupos de alunos apresentam o registo de um procedimento experimental. Estes exemplos, revelaram também dificuldades em ordenar os diferentes momentos da experiência.

ORGANIZAÇÃO DE DADOS EM TABELAS E ORGANIZAÇÃO DE IDEIAS

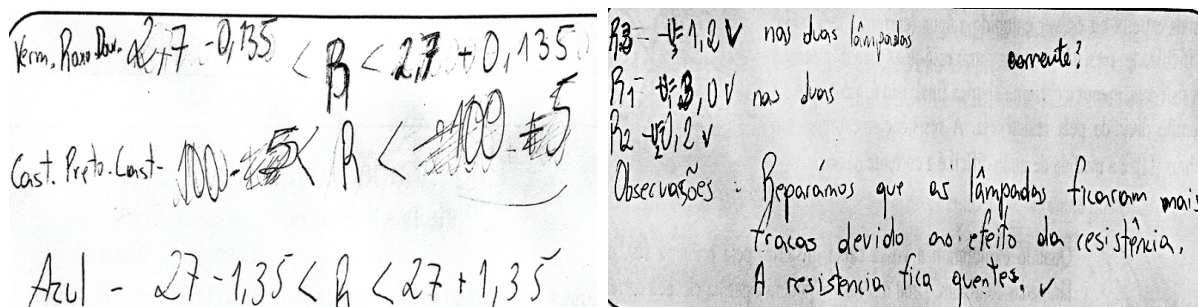
Os alunos revelaram muita dificuldade em organizar os dados em tabelas, sobretudo quando não lhes foi sugerido, ou solicitado, expressamente, que o fizessem.

Tal como mostram os excertos abaixo (Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 2 e 3, Grupo I), quando foi pedido que identificassem o valor da resistência, a partir do código de cores e medindo diretamente com o ohmímetro, eles apresentaram os dados desorganizados e de forma pouco perceptível, sem indicação de qual o método que estavam a usar (código de cores ou ohmímetro) ou sem identificação da resistência em causa (ex: R_1 , R_2 ,...).

O mesmo aconteceu quando foi pedido para medirem as diferenças de potencial e corrente elétrica no circuito usando as resistências. A maioria apenas mediu a diferença de potencial, e a forma de registo também é confusa, como mostram os registos seguintes:



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 2 e 3, Grupo I)



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 2 (esquerda) e 3(direita), Grupo III)

No entanto, na Tarefa 3, quando lhes foi pedido que registassem os dados em tabela eles conseguiram construir uma tabela adequada apesar de apresentarem algumas dificuldades em identificar as grandezas e sobretudo indicarem as unidades em que estão a medir, como mostram os exemplos seguintes:

corrente	A_1	A_2	A_3
paralelo	0.3	0.15	0.15
série	0.3	0.3	0.3

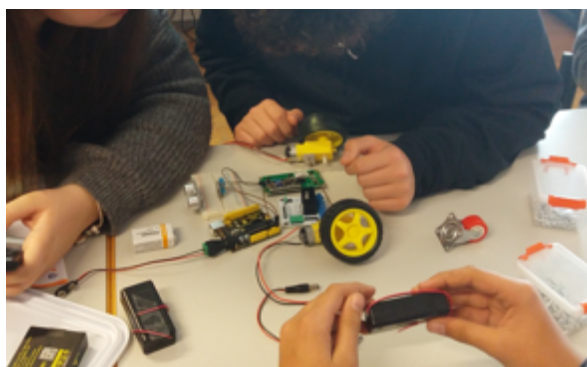
	Lamp.1	Lamp.2	Pilha
série	9	4,5	4,5
Paralelo	7,0	7,0	7,0

Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 4, Grupo I(esquerda) e Questão 3, Grupo IV (direita))

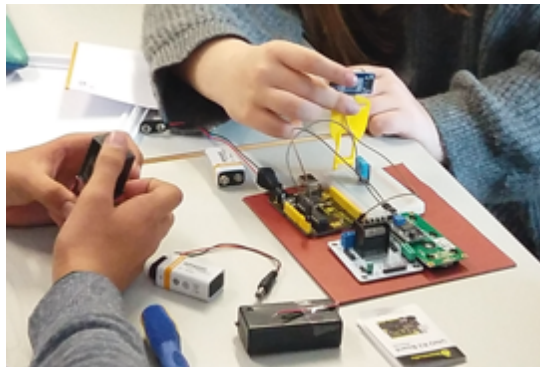
A troca no registo da tensão na pilha e na lâmpada 1(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 3, Grupo IV, à direita), terá sido uma distração por parte dos alunos.

Relativamente à organização de ideias estas dificuldades foram detetadas sobretudo durante a realização da Tarefa 5, quando os alunos começaram a planear os seus robôs.

Embora a dificuldade possa estar relacionada com o facto de nesta tarefa os grupos serem grandes, o que gerou um conjunto elevado de diferentes opiniões e ideias, tornando a decisão final mais difícil, os alunos, mais uma vez, tiveram dificuldade em fazer um esquema ou desenho que os ajudasse a organizar, visualmente, as suas ideias ou ter em atenção alguns pormenores a ter em conta em termos de engenharia e *design*. As imagens abaixo mostram as várias fases do plano onde os alunos foram lançando as suas ideias usando apenas os componentes (imagem (a), (b), (c) e (d) sem um esquema prévio.



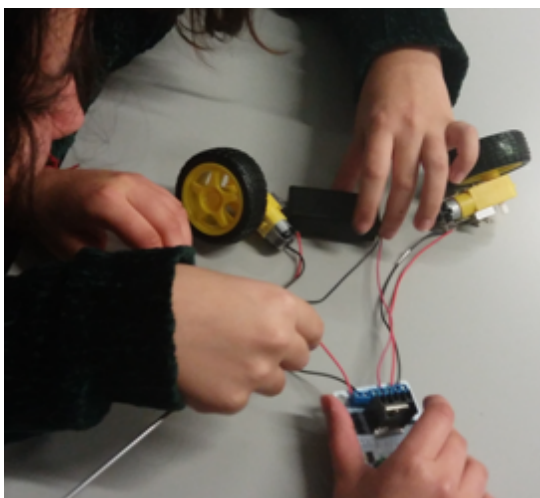
(a)



(b)



(c)



(d)

(Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, montagem dos circuitos, Turno 2)

O facto de os alunos não terem um desenho ou esquema inicial do seu protótipo tornou mais demorada a sua concretização. Tiveram que, por exemplo, desfazer ligações porque era necessário fixarem primeiro as rodas na placa de suporte do robot (imagem (d)), passar os fios para cima da placa de suporte e só então efetuar as ligações. Enquanto o outro grupo, seguindo um desenho inicial, foi rapidamente chegando a um protótipo estruturado embora com pequenos ajustes, para corrigir algumas questões de engenharia e estética.

IDENTIFICAÇÃO DAS GRANDEZAS E DAS UNIDADES DE MEDIDA

A identificação de grandezas e unidades foi também uma dificuldade que se revelou em várias tarefas. Nos seus registos, os alunos, apresentaram apenas o valor numérico que mediram ou identificaram sem a preocupação de o associar a uma grandeza, símbolo da grandeza e à

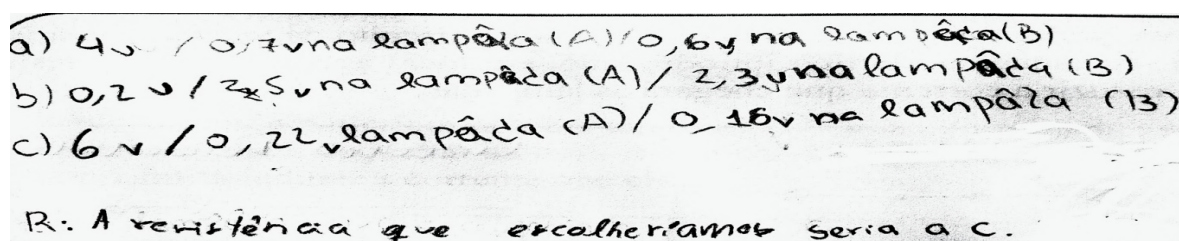
unidade em que estão a medir ou unidade, como se pode ver na imagem acima (alínea (d)) do registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 4, Grupo I (esquerda) e Questão 3, Grupo IV (direita)).

Na imagem da esquerda os registos referem-se à corrente, cuja grandeza que neste caso foi identificada, mas não há referência à unidade em que estão a medir, e a imagem da direita, correspondente ao registo da diferença de potencial, não há qualquer referência nem à grandeza que estão a medir, nem à unidade de medida.

Esta situação é também visível nos registos escritos dos alunos, Tarefa 4, Questão 2 (esquerda) e 3 (direita), Grupo I, apresentada na alínea (d), onde, por exemplo, na Questão 2 (esquerda), foi feita a referência à resistência, através do seu símbolo mas não à sua unidade, ou no caso da Questão 3 (direita), onde a diferença de potencial, apesar de ter a unidade de medida associada, não apresenta o seu símbolo (U), mas sim uma referência da resistência que estava a ser utilizada.

INTERPRETAR AS QUESTÕES

A análise das tarefas mostrou que alguns alunos apresentaram dificuldade em compreender o que é pedido ou interpretar as questões. Este facto pode também estar relacionado com uma leitura pouco atenta das questões ou uma leitura enviesada das mesmas, por parte dos alunos, ou ainda à pouca consolidação de conhecimentos. Disso são exemplo os registos abaixo apresentados, onde os alunos deram respostas que não se adequam à questão em causa ou deram a resposta à questão seguinte na questão anterior.



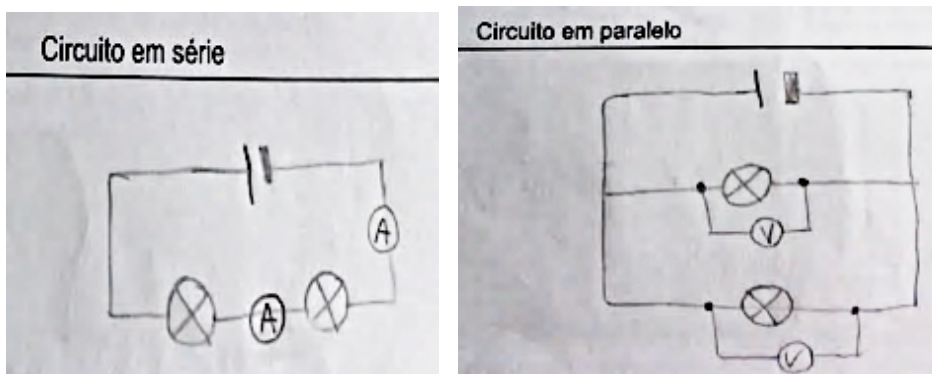
a) 4V / 0,7V na lâmpada (A) / 0,6V na lâmpada (B)
b) 0,2V / 2,3V na lâmpada (A) / 2,3V na lâmpada (B)
c) 6V / 0,22V na lâmpada (A) / 0,16V na lâmpada (B)
R: A resistência que escolheríamos seria a C.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, Grupo II)

O registo feito pelos alunos, ainda que confuso, seria válido para a questão 3 e não para a questão 4, onde apenas era pedido que escolhessem a resistência mais adequada, tendo em conta as medições feitas na questão 3, e justificassem a sua resposta.

Outra evidência desta dificuldade pode ser vista no registo dos alunos, na Tarefa 3, questão 2, que pretendia que os alunos fizessem o esquema elétrico das associações em série e em paralelo, introduzindo no esquema, os aparelhos de medida, em ambas as associações de

lâmpadas (caixas mistério). Quase todos os alunos desenharam o esquema com os aparelhos de medida, mas colocando no esquema da associação de lâmpadas em série apenas os amperímetros e, no esquema da associação de lâmpadas em paralelo, apenas o voltímetro como mostra o exemplo seguinte:



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 2, Grupo V)

Neste caso, parece ter havido uma interpretação errada da pergunta ou uma confusão com a forma como os aparelhos se ligaram no circuito (o amperímetro liga-se em série no circuito enquanto que o voltímetro se liga em paralelo com os componentes do circuito).

LEITURA DE ESQUEMAS ELÉTRICOS PARA A LIGAÇÃO DE VÁRIOS COMPONENTES ELETRÓNICOS

Esta dificuldade foi observada sobretudo no Tarefa 5, relativa à construção do protótipo do robô.

Tendo em conta que alguns dos componentes eletrónicos eram mais complexos, do que aqueles com que tinham trabalhado anteriormente, com múltiplas e mais complexas ligações, foi necessário um acompanhamento maior por parte do professor para superar as dificuldades.



(Registo fotográfico, Tarefa 5 – “Projeto Missão Mars 2020”, montagem dos circuitos, Turno 1 (esquerda) e 2 (direita))

Estas dificuldades estiveram, sobretudo, relacionadas com as ligações à placa de Arduino, com vários pontos de ligação (entradas e saídas) aos sensores de temperatura e humidade e o respetivo *ecrã*. No entanto, com a ajuda adequada os alunos acabaram por conseguir colocar as várias funcionalidades a funcionar.

CAPÍTULO VI

DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E REFLEXÃO FINAL

Este trabalho teve como propósito conhecer de que forma uma abordagem STEM influencia as aprendizagens dos alunos acerca do tema Eletricidade. Com as questões orientadoras, formuladas para este trabalho, pretendeu-se conhecer o desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos, identificar as aprendizagens por eles realizadas e as principais dificuldades por eles sentidas, na realização das tarefas propostas.

O capítulo VI está dividido em três secções. Na primeira secção é feita uma discussão dos resultados obtidos, baseada na análise dos dados recolhidos, durante as intervenções em sala de aula. Na segunda apresentam-se as principais conclusões e algumas sugestões de melhorias em estudos futuros. Na última secção faz-se uma reflexão final, referindo as aprendizagens e observações pessoais que este trabalho me permitiu.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a primeira questão orientadora deste trabalho pretendeu-se compreender se ocorre desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos quando envolvidos em tarefas STEM, acerca do tema eletricidade. Assim, da análise de dados recolhidos do WAT, pré e pós-teste é possível retirar algumas informações importantes. Relativamente aos mapas das estruturas cognitivas, resultante do pré-teste, realizado antes de iniciar a unidade curricular sobre eletricidade, verifica-se que as conceções alternativas, ou seja, as ideias prévias dos alunos, resultantes das suas experiências diárias, estão bem marcadas. Os alunos, não tendo ainda um conhecimento formal prévio sobre eletricidade, sevem-se da sua linguagem informal e das suas representações simbólicas, mentais e visuais, onde assenta a sua estrutura cognitiva atual, para interpretar os conceitos que lhe são propostos. Este resultado vai ao encontro do que é descrito por Ifenthaler et al. (2011) e Navaneedhan e Kamalanabhan (2017). As ligações apresentadas nos mapas de conceitos, elaborados a partir do pré-teste, representadas pelas setas e respetiva espessura, por um lado, e as frases simples, curtas e pouco estruturadas, quando associam a palavra estímulo e a palavra associada, por outro, permitem ter uma ideia da sua estrutura de conhecimento (estrutura cognitiva). Uma estrutura muito básica e assente no conhecimento de aprendizagens anteriores, a partir de um ensino não formal. Este facto vai ao encontro de

estudos já realizados (e.g., Silva & Batista, 2016; Gravina & Buchweitz, 1994). Outra informação que a análise do pré-teste fornece está relacionada com situações em que o aluno não encontra um significado da palavra estímulo dentro do contexto pedido. Nesse caso, ele procura dar um significado a partir de uma representação que para ele é conhecida, mesmo que não se adeque ao novo contexto da eletricidade. Quando a ideia prévia não encontra um significado, no contexto que é pedido, eles associam ao contexto que está armazenado na sua estrutura cognitiva (por exemplo quando associam Tensão à tensão arterial). Este facto foi referido por Ifenthaler et al. (2011). As frases escritas também confirmam as concepções iniciais dos alunos e o facto de elas estarem fortemente ligadas aos seus pré-conceitos sobre eletricidade.

Os resultados do pós-teste mostram uma evolução das concepções iniciais e, consequente, alteração da estrutura cognitiva. Os mapas de conceitos surgem com associações entre palavras estímulo, ainda muito simples, o que sugere que os conceitos ainda não estão bem consolidados relativamente à sua ligação entre eles, mas há uma contextualização no tema eletricidade. Após as intervenções em sala de aula, são poucos os alunos que associam, às palavras estímulo, palavras que não estejam relacionadas com a eletricidade, mostrando que os seus esquemas mentais se reorganizaram, permitindo novos tipos de associações e, portanto, houve desenvolvimento das suas estruturas cognitivas. As associações feitas entre palavras – associada e estímulo – mostram o uso de termos utilizados durante as intervenções e as frases escritas, pelos alunos, são estruturalmente mais complexas e, inclusive, estabelecem relações entre outras palavras estímulo, mesmo que estas não tenham sido referidas na lista de palavras associadas à palavra estímulo. Apesar de não se verificar uma maior complexidade das ligações estabelecidas nos mapas de conceitos (setas e respetiva orientação), como era esperado e como referem Cachapuz e Maskill, citado por Nakiboglu (2008), essa complexidade aparece quando se analisam as frases, sugerindo que o ensino daquele conteúdo resultou numa organização da de ideias e uma evolução das estruturas cognitivas dos alunos, resultando na aprendizagem conceptual do conteúdo, ainda que esta não esteja, de todo, consolidada. Estas aprendizagens estão assentes nas estruturas cognitivas baseadas nas experiências anteriores que continuam bastante enraizadas e que se traduzem numa linguagem pouco estruturada e pouco científica, predominando ainda termos de uso quotidiano.

A segunda questão orientadora, relativa às aprendizagens dos alunos, cuja resposta se baseou nas observações durante as intervenções de aula, notas de campo e nos registos escritos e fotográficos dos alunos, também permitiu retirar algumas conclusões. Relativamente aos aspetos conceptuais, os registos mostram que os alunos quando envolvidos em tarefas STEM,

baseadas num modelo de investigação (*inquiry*), conseguem, no geral, apreender e compreender alguns conceitos que a unidade eletricidade contempla. Os registos escritos mostram as aprendizagens dos alunos: a constituição de circuito e as funções de cada elemento que o constitui, a distinção entre associações em série e em paralelo e como se distribui a corrente e a tensão nesses circuitos. Revelam também aprendizagens relativamente ao conceito de resistência elétrica e a diferença entre bons e maus condutores, embora poucos associem a boa condutividade à pouca resistividade. Contudo, a forma como se expressam, oral e por escrito, nem sempre é reveladora de que o conceito está bem assimilado. Os registos colocam em evidência que o uso de linguagem própria de uma estrutura cognitiva pouco desenvolvida, que permanece bastante enraizada, isto é, no momento de comunicar as respostas prevalece a linguagem informal em detrimento de uma linguagem mais estruturada e científica. Este facto pode estar relacionado com uma, ainda débil, consolidação de conceitos por vezes bastante abstratos.

A abordagem STEM, bem como o tema da Engenharia Reversa e o uso da caixa mistério, revelou-se importante para as aprendizagens. O facto dos alunos terem de desconstruir um artefacto elétrico (caixa mistério), identificar as suas funcionalidades e compreender o seu funcionamento, não só os motivou como também lhes proporcionou o contacto com a realidade de estar envolvido num projeto de ciência e engenharia e com todas as fases que este implica, nomeadamente, a aprender autonomamente e por descoberta, a lidar com aspetos de engenharia (por exemplo, interpretar e compreender esquemas elétricos, identificar a simbologia e os componentes elétricos, montar e testar circuitos, lidar com resultados não esperados). Notou-se evolução nos seus desenhos de esquemas elétricos à medida que foram realizando as várias tarefas. Os alunos compreenderam, por exemplo, que o uso de esquemas com recurso a uma simbologia própria em vez de um desenho do circuito tal como o visualizam, não só, facilitava a compreensão das ligações e a montagem dos circuitos, como também lhes permitia compreender como a corrente elétrica circula pelos circuitos com associações em série e em paralelo. Esta aprendizagem é visível, sobretudo, na tarefa onde os alunos tiveram que aplicar as aprendizagens que foram adquirindo ao longo das tarefas anteriores, a uma nova situação, a construção de um robô, que infelizmente não foi concluída, em tempo útil. Os tempos de aula muito curtos (45 minutos), aliados à falta de experiência – organizacional e processual – dos alunos, e ao número elevado de elementos, por grupo (para colmatar a escassez de material), foram factores limitantes na conclusão atempada dos projetos, e para a recolha de dados que permitissem uma melhor compreensão acerca das aprendizagens, sobre eletricidade. A estas limitações juntou-se ainda a suspensão das aulas devido à pandemia.

A interdisciplinaridade com as aulas de TIC permitiu aos alunos explorarem competências nas áreas de engenharia e tecnologia, aproveitando os conhecimentos científicos adquiridos nas aulas de física. Os alunos mostraram facilidade em trabalhar em equipa e de procurarem recursos tecnológicos como acesso à informação, usando os seus telemóveis ou computadores procurando esquemas orientadores para montarem os seus circuitos ou para programarem as funcionalidades dos seus protótipos.

Em termos processuais, alguns alunos revelaram algumas capacidades no que se refere ao processos. As tarefas STEM apresentadas permitiram que desenvolvessem aprendizagens relativas a planeamento de experiências, construir representações esquemáticas, organizar dados (em tabelas por exemplo), organizar justificações e argumentações para os resultados obtidos. Neste último aspecto são poucos os alunos que justificam, explicam ou argumentam as suas respostas. Na realidade são poucos os que fazem registo por escrito, sem que se insista com eles para o fazer.

Finalmente, dando resposta à terceira questão proposta neste trabalho de investigação, relativa às dificuldades dos alunos com base, uma vez mais, nos seus registos escritos, registos fotográficos e observações em sala de aula, pode dizer-se que estes vêm confirmar os estudos feitos por alguns investigadores (Duit & Von Rhoneck, 1998; Gravina & Buchweitz, 1994; Keeley & Harrington, 2014; Silva & Batista, 2016).

As principais dificuldades, relativamente aos conceitos, parecem estar relacionadas com o enraizamento das ideias prévias dos alunos e na utilização, como sinónimos, de conceitos como: corrente, tensão, energia, luz, descritos por exemplo por Duit e Von Rhoneck (1998), e que acabam por dificultar a organização mental dos alunos relativamente as novas aprendizagens. Outra possível razão pode ser o facto de conceitos como corrente, tensão e resistência serem conceitos bastante abstratos para o nível cognitivo destes alunos. Não é fácil, para estes alunos, fazerem representações mentais de algo que não é palpável ou visível como, por exemplo, visualizar o movimento de eletrões ao longo do circuito, ou que a tensão, ou diferença de potencial, resulta de um desnível de cargas negativas entre os dois terminais da fonte (pilha, bateria ou gerador), ou ainda que uma resistência elétrica pode funcionar como controlador da corrente elétrica que circula no circuito. A ideia inicial de que não é necessário fechar um circuito para este funcionar, bastando um ponto de ligação entre a fonte e o recetor, descrita por Duit & Von Rhoneck (1998), foi observada em alguns grupos quando lhes foi pedido que reproduzissem e testassem o circuito das suas caixas. É ainda notória a frequente confusão entre a grandeza e a unidade. Alguns alunos designam a corrente por ampéres ou a

tensão por volts ou voltagem. A troca dos símbolos que representam as grandezas e unidades de medida também é frequente ou, na maioria dos casos, é simplesmente omissa.

Em termos processuais, as dificuldades em expressar ideias usando linguagem adequada é possivelmente uma das razões que leva os alunos a não responderem por escrito as questões que lhes são propostas. O reduzido vocabulário científico que possuem inibe-os de se expressarem ou de organizarem as duas ideias de forma estruturada e com sentido físico. Associada a esta dificuldade está a organização de dados. Se, por um lado, quando é pedido que registem os dados em tabela, os alunos prontamente o fazem (embora alguns revelem dificuldades em construir por exemplo tabelas), o mesmo não acontece quando não lhes é fornecida essa informação. A dependência de instruções está muito presente no seu processo de aprendizagem e não havendo essa informação são poucos os alunos que autonomamente conseguem tomar uma iniciativa sem instrução prévia. A planificação de experiências é outra dificuldade observada. Os alunos confundem planificação com descrição de uma observação. A maioria não consegue delinear ou enumerar um conjunto de passos ordenados sequencialmente para pôr em prática ao longo de uma experiência, embora na prática eles sigam esses passos. Relativamente à tarefa 5, algumas das dificuldades observadas são consequência de dificuldades já identificadas anteriormente. A leitura de esquemas elétricos um pouco mais complexos e com simbologia própria da eletrónica, com a qual eles não estavam familiarizados, constituiu também uma dificuldade para os alunos. A falta de organização constituiu outra dificuldade, gerir o tempo, o que os levou a que perder algum tempo com a planificação do robô. A necessidade de criar grupos grandes para colmatar a falta de material também contribuiu para esta dificuldade, criando entropia, entre os vários elementos do grupo relativamente as decisões a tomar para criar o protótipo.

Dado o exposto, e apesar das dificuldades enumeradas, é possível afirmar que uso de tarefas STEM, além de promoverem um conjunto de competências, contempladas nos documentos orientadores (Galvão, et al., 2001; Fiolhais, et al., 2013), em particular no que se refere as aprendizagens essenciais (MEC, 2018), podem contribuir para uma mudança das conceções iniciais e, conseqüentemente, para o desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos, sobre circuitos elétricos e corrente elétrica, ainda que essa aprendizagem em alguns conceitos seja ligeira e a necessite de ser trabalhada. Estes resultados estão em sintonia com os estudos de Silva e Batista (2016), Duit e Von Rhoneck (1998), Derman e Eilks (2016), Navaneedhan e Kamalanabhan (2017) e Nakiboglu (2008).

Esta abordagem permitiu também consolidar o trabalho colaborativo entre os alunos que normalmente já trabalhavam em grupo. A discussão com os colegas e a partilha de ideias

permitiu, não só, que os alunos com mais dificuldades na resolução dos problemas propostos conseguissem, nalgumas situações, superá-las, mas também manter esses alunos motivados e interessados em aprender. Os alunos trabalharam ainda a capacidade de ouvir e respeitar as opiniões dos colegas. Estas competências ao nível do relacionamento interpessoal são competências fundamentais no perfil do aluno do século XXI (Martins et al., 2017) e vão também ao encontro dos objetivos da educação STEM, fomentando o trabalho colaborativo e interdisciplinar.

Infelizmente, não foi possível concluir o projeto final de construção do robô, devido à suspensão das atividades letivas por causa da pandemia por COVID-19, ficando por testar o robô quanto à operacionalidade das duas funções e verificar os conhecimentos adquiridos quer do ponto de vista da física (ciência), quer do ponto de vista das TIC (programação de sensores e movimento das rodas).

CONCLUSÃO

Este trabalho de cariz investigativo contemplando uma abordagem STEM, permitiu tirar algumas conclusões sobre o desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos, das aprendizagens por si realizadas e sobre as dificuldades sentidas.

Não tendo encontrado estudos sobre educação STEM, relativos ao tema eletricidade, este estudo baseou-se em literatura aplicada a outras metodologias de ensino. No entanto, pode-se concluir que algumas aprendizagens e dificuldades são transversais. Do exposto ao longo deste trabalho concluiu-se que a abordagem STEM, centrada no *inquiry*, pode contribuir para o desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos e consequentes aprendizagens dos alunos neste tema.

Este trabalho mostrou que os alunos quando envolvidos em tarefas STEM, onde são confrontados com a resolução de problemas reais, conseguem sentir-se mais motivados, pois estão envolvidos em tarefas que vão ao encontro dos seus interesses, por um lado, e por outro porque o cariz interdisciplinar e experimental lhes permite uma melhor compreensão dos conteúdos a aprender.

Os dados do WAT mostram diferenças significativas nos mapas conceptuais e, apesar de não serem muito complexos em termos de associações e natureza das relações estabelecidas pelos alunos, é notória a mudança no pós-teste, onde as palavras associadas pertencem ao vocabulário usado durante a aprendizagem, embora por vezes misturado com as conceções anteriores à aprendizagem. Este facto parece indicar que os conceitos podem não ter ficado

consolidados. O cariz abstrato dos conceitos relativos à eletricidade e uma estrutura cognitiva ainda pouco desenvolvida, incapaz de criar redes complexas de relação entre conceitos, poderão ser a causa para a falta de consolidação das aprendizagens. Contudo, as aprendizagens essenciais referidas nos documentos orientadores do currículo foram conseguidas por alguns alunos, embora careçam de maior consolidação. As dificuldades encontradas, para além da falta de entendimento de alguns conceitos como corrente elétrica e tensão, são sobretudo dificuldades processuais. Os alunos têm dificuldade em organizar os dados, fazer representações e comunicar as suas ideias e argumentações com uma linguagem científica adequada, oralmente e sobretudo por escrito. Estas competências deverão ser melhor trabalhadas, reforçando as tarefas nesse ponto. Contudo, a abordagem STEM como metodologia de ensino, pode ajudar nessa prática, uma vez que, fomenta o trabalho de exploração, recolha de dados, análise, discussão, justificação de resultados e argumentação, para além de promover a interdisciplinaridade e o trabalho em equipa, competências essenciais do aluno do Século XXI.

Este trabalho é apenas um primeiro passo para conhecer o desenvolvimento das estruturas cognitivas e as aprendizagens dos alunos, perante uma abordagem STEM, sobre eletricidade. Apesar ter sido possível extrair informação importante, necessita de ser aperfeiçoado quer, na elaboração e planificação das tarefas, quer na metodologia, e sobretudo precisa de ser continuado. Sugiro que algumas tarefas e planificações sejam reformuladas no sentido de facilitar a compreensão, por parte dos alunos, relativamente ao que se pretende com elas, por um lado. Por outro, que essas tarefas promovam, ainda mais, questões onde os alunos possam desenvolver as suas capacidades de raciocínio e argumentação e a sua capacidade de se expressarem numa linguagem científica adequada. Ou seja, de modo a que possam consolidar conceitos e, consequentemente, desenvolver as suas estruturas cognitivas e de pensamento. Outra sugestão, talvez menos exequível dada a organização das escolas, é a organização dos tempos letivos. Uma abordagem STEM necessita de tempo para os alunos poderem explorar, mexer, testar, compreender o que estão a observar, o que muitas vezes não é compatível com tempos letivos de 45 minutos dos quais apenas se aproveitam 20 a 25 minutos. O envolvimento de outras disciplinas também seria proveitoso.

REFLEXÃO FINAL

Em jeito de conclusão final neste meu percurso em investigação, mas também de preparação para a profissão de professora queria deixar uma reflexão sobre as minhas observações e aprendizagens pessoais.

Este trabalho é o somatório de vários momentos e vivências que experienciei ao longo destes dois anos. As aprendizagens nas diversas unidades curriculares onde tive oportunidade de participar, os ensinamentos e partilha de conhecimentos e experiências, por parte dos vários professores dessas unidades, dos professores cooperantes, dos orientadores e dos colegas e todo o trabalho de pesquisa sobre Educação STEM, recolha e análise de dados durante as minhas intervenções em sala de aula foram essenciais, não só para a minha formação enquanto futura professora mas também para compreender o que é significar ser professor e ter consciência do trabalho que é necessário desenvolver e responsabilidade que isso implica na formação de jovens.

Ao longo deste trabalho experienciei muito do que é o trabalho de um professor dentro e fora da sala de aula. As dificuldades de idealizar tarefas o mais completas possível, que consigam contemplar o máximo de competências a trabalhar, numa linguagem capaz de motivar os alunos e que facilitem a sua compreensão e interpretação; a sua planificação a mais detalhada possível, prevendo antecipadamente possíveis dificuldades dos alunos e a implementação, em sala de aula, nem sempre conseguida, apesar do esforço e dedicação, revelaram-se um grande desafio e fizeram-me compreender que a tarefa de ser professor é bastante complexa, requer muita experiência e dedicação e sobretudo conhecimento para além da área da disciplina. Mais do que implementar estratégias de ensino é necessário que essas estratégias se foquem principalmente nas aprendizagens do aluno e sirvam os seus interesses pessoais. O professor, mais do que um veículo de conhecimento, deve ser um orientador das aprendizagens deixando aos alunos o papel principal.

A recolha dos dados traduziu-se noutra importante parte desta minha investigação e outro desafio. Organizar toda a informação recolhida, quer em forma de WAT, observações diretas ou em forma de notas de campo, ou ainda registo fotográfico, revelou-se em alguns momentos difícil de executar, especialmente na recolha de notas de campo das intervenções feitas. Observar o que os alunos fazem na aula, responder a todas as solicitações, prestar atenção ao máximo possível de acontecimentos requer muita concentração e prática. Não poder fazer um registo áudio ou vídeo, inerentes às leis de proteção de dados, dificultou a recolha de

acontecimentos que poderiam ser uma mais valia como as reações, e expressões físicas dos alunos no decorrer das intervenções. Interpretar qualitativamente os resultados e respostas dos alunos e inferir sobre eles necessita de tempo, concentração e espírito crítico.

Relativamente as tarefas propostas, no âmbito de uma abordagem STEM, penso que elas foram ao encontro dos interesses e motivações dos alunos. A sua conceção, na geral, conseguiu satisfazer os objetivos a que se propunham. Algumas conceções foram alteradas e as dificuldades foram superadas. No entanto, podem ser melhoradas e/ou corrigidas em alguns pontos menos conseguidos. Nesse sentido, cabe-me a mim, enquanto futura professora a tarefa de refletir sobre os aspetos menos conseguidos e repensar, corrigir ou melhorar as minhas abordagens e métodos de ensino. Essa tarefa requer, no entanto, esteja em constante processo de uma aprendizagem em busca de novos conhecimentos, metodologias e estratégias que levem os meus alunos (ou futuros alunos) a alcançar o sucesso. Considero que ainda que este tipo de abordagem (STEM) requer um repensar da estrutura de funcionamento das várias disciplinas e dos horários atribuídos para que os alunos possam dedicar-se aos seus projetos e aprender ao seu ritmo com eles. É ainda fundamental que as escolas se equipem com material para os alunos poderem executar os seus trabalhos.

Termino salientando que procurei sempre dar o meu melhor em prol das aprendizagens dos alunos tentando melhorar a cada intervenção, usando os momentos menos conseguidos como incentivo a um melhoramento das estratégias nas intervenções seguintes. Espero poder aplicar as aprendizagens que este momento me proporcionou na minha vida profissional tentando melhorar a cada dia e reforçando sempre as minhas aprendizagens com formação sempre que possível de modo a manter-me sempre em atualização. Ser professor não é só ensinar é aprender para poder ensinar!

REFERÊNCIAS

- Afonso, N. (2005). *Investigação naturalista em educação. Um guia prático e crítico*. Lisboa: Edições Asa.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & education*, 33(2-3), 131-152.
- Aires, L. (2015). *Paradigma qualitativo e práticas de investigação educativa*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 85-125. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1349>
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, Lda.
- Barros, P. (2014). *Tarefas de Investigação na Aprendizagem das Reações Químicas. Um estudo com alunos do 8.º ano*. Dissertação de mestrado em Educação. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5&6), 23-37.
- Bogdan, R. C., & Biklen, J. A. (1994). *Investigação qualitativa em Educação. Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Buck, L. B., Bretz, S., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Prigins, Effectiveness, and Applications. Executive Summary*. Colorado Springs: BSCS.
- Carnevale, A., Smith, N., & Melton, M. (2011). *STEM – Science, Thecnology, Enginnering, Mathematics. Center on Education and the workforce*. Washington DC: Georgetwon University. <https://eric.ed.gov/?id=ED525307>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research methods in Education*. (6ª ed.). Londres: Routledge. <https://islmblogblog.files.wordpress.com/2016/05/rme-edu-helpline-blogspot-com.pdf>
- Craveiro, M. (2007). Formação em contexto: um estudo de caso no âmbito da pedagogia da infância. *Tese de Doutoramento*. Braga: Universidade do Minho.

- Decreto Lei nº 54/2018, de 06 de Junho. *Diário da República*, N.º 129 - 1.ª Série. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.
- Deliberação nº 453/2016, de 15 de março. *Diário da República*, N.º 5 - 2.ª Série. Lisboa: Instituto de Educação.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (1998). *The landscape of qualitative research: Theories and issues*. London: Sage Publications.
- Derman, A., & Eilks, I. (2016). Using a word association test for the assessment of high school students' cognitive structures on dissolution. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 902-913.
- Duit, R., Niedderer, H., Schecker, H., & Höttecke, H. (2007). Teaching physics. In S. K. Abell, N. G. Lederman, S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 599-629). London: Routledge.
- Duit, R., & Von Rhoneck, C. (1998). Learning and understanding key concepts of electricity. In E. J. A. Tiberghien, A. Tiberghien, E. L. Jossem, & J. Barajos (Eds.), *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (pp. 50-63). Ohio: ICPE- The International Commission on Physics Education. <http://web.archive.org/web/20130105145245/www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/C2.html>
- Eckman, E. W., Williams, M. A., & Silver-Thorn, M. B. (2016). An Integrated Model for STEM Teacher Preparation: The Value of a Teaching Cooperative Educational Experience. *Journal of STEM Teacher Education*, 51(1), 71-82.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26(2), 43-71.
- Fensham, P. (2008). *Science Education Policy-Making. Eleven emerging issues*. Paris: UNESCO.
- Fiolhais, C. (Coord.), Portela, C., G., V., Nogueira, R., Ferreira, A. J., Braguez, F., . . . Rodrigues, S. (Coord). (2014). *Programa de Física e Química A – 10.º e 11.º anos, Curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias*. Lisboa: MEC - Ministério da Educação e Ciência. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Fisica_Quimica_A/programa_fqa_10_11.pdf
- Frezza, J., & Marques, T. (2009). A evolução das estruturas cognitivas e o papel do senso comum. *Revista Eletrônica e o papel do senso comum*, 2(3), 278-294.

- Galvão, C., Neves, A., Freire, A., Lopes, A., Santos, M., Vilela, M., & Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas E Naturais – Orientações Curriculares, 3º Ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Gay, L., Mills, G., & Airasian, P. (1986). *Educational Research – Competencies for Analysis and Applications*. (3ª edição ed.). Columbus: Merrill Publishing Company. <http://englishlangkan.com/produk/E%20Book%20Educational%20Research%20L%20R%20Gay%20Pearson%202012.pdf>
- Gravina, M. H., & Buchweitz, B. (1994). Mudanças nas Concepções Alternativas de Estudantes Relacionadas com Eletricidade. *Revista Brasileira de Ensino da Física*, 16, 110-119. <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>
- Guzey, S. S., Moore, T. J., & Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1), 11-29. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>
- Hernandez, P. R., Bodin, R., Elliott, J. W., Ibrahim, B., Rambo-Hernandez, K. E., Chen, T. W., & Miranda, M. A. (2014). Connecting the STEM dots: measuring the effect of an integrated engineering design intervention. *International journal of Technology and Design Education*, 24(1), 107-120. <https://doi.org/10.1007/s10798-013-9241-0>
- Hurley, J., & Hallissy, M. (2017). *STEM Education - Policy Statement 2017–2026*. Irlanda: Department of Education and Skills. <https://www.education.ie/en/The-Education-System/STEM-Education-Policy/stem-education-policy-statement-2017-2026-.pdf>
- Ifenthaler, D., Masduki, I., & Seel, N. (2011). The mystery of cognitive structure and how we can detect it: tracking the development of cognitive structures over time. *Instructional Science*, 39, 41–6. https://www.researchgate.net/publication/227317104_The_mystery_of_cognitive_structure_and_how_we_can_detect_it_Tracking_the_development_of_cognitive_structures_over_time
- James, R. K., Lamb, C. E., Householder, D. L., & Bailey, M. A. (2000). Integrating science, mathematics, and technology in middle school technology-rich environments: A study of implementation and change. *School Science and Mathematics*, 100(1), 27-35. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2000.tb17317.x>
- Keley, P., & Harrington, R. (2014). *Uncovering Students Ideas in Physical Science - 39 NEW Electricity and Magnetism Formative Assessment Probes* (Vol. 2). Arlington, Virginia: NSTApress.
- Lee, Y., & Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education*, 23(2), 111-149. <https://doi.org/10.1080/0950069011985>

- Lacey, T., & Wright, B. (2009). Occupational employment projections to 2018. Employment outlook: 2008–18. Monthly Labor Review. *BLS Web Site*, 82-123.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education*. Melbourne, Vic.: Australian Council of Learned Academies. <http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30059041>
- Martins, G. (coord.), Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carrilho, J., Ucha, L., . . . Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos alunos à saída da Escolaridade Obrigatória. Lisboa: Direção Geral da Educação. Lisboa: Ministério da Educação.* https://dge.mec.pt/sites/default/files/Noticias_Imagens/perfil_do_aluno.pdf
- Matthews, R., Cooper, J. L., Davidson, N., & Hawkes, P. (1995). Building Bridges Between Cooperative and Collaborative Learning, Change. *The Magazine of Higher Learning*, 27(4), 35-40. <https://bgillmayberry.webs.com/Building%20Bridges.pdf>
- MEC. (2018). *Aprendizagens Essenciais - Articulação Com o Perfil dos Alunos, 9.º Ano – 3.º Ciclo, Ciências Físico-Química*. Lisboa: Direção Geral de Educação - Ministério da Educação e Ciência. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Projetos_Curriculares/Aprendizagens_Essenciais/Consulta_Publica/3_ciclo/9_fisico-quimica_cp.pdf
- Menezes, M. (2018). STEM na aprendizagem da tabela periódica - Um trabalho com alunos do 9.º ano . *Relatório da Prática de Ensino Supervisionada*. Lisboa: Universidade de Lisboa.
- Merrill, M. D. (2007). First principles of instruction: a synthesis. In R. A. (Eds.), *Trends and Issues in Instructional Design and Technology 2nd Edition* (Vol. 2). NJ, Upper Saddle River: Merrill/Prentice Hall. <https://mdavidmerrill.files.wordpress.com/2019/04/firstprinciplessynthesis.pdf>
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, Attributes of STEM education*. MD: TIES. Baltimore: MD: TIES. http://www.wytheexcellence.org/media/STEM_Articles.pdf
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223.
- Nakiboglu, C. (2008). Using word associations for assessing non major science students' knowledge structure before and after general chemistry instruction: the case of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 309-322.
- Navaneedhan, C., & Kamalanabhan, T. (2017). What Is Meant by Cognitive Structures? How Does It Influence Teaching –Learning of Psychology? *IRA International Journal of Education and Multidisciplinary Studies*, 7(2), 89-98. <http://dx.doi.org/10.21013/jems.v7.n2.p5>

- OCDE. (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies Policy Report*. Paris: Organisation of Economic Co-operation and Development Global Science Forum. <http://www.oecd.org/science/inno/36645825.pdf>
- OCDE. (2013). *PISA 2015: draft science framework*. Paris: OCDE.
- OCDE. (2010). *The OCDE innovation Strategy. Getting a head start on Tomorrow*. . Paris: OCDE.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe:critical reflexions. A report of Nuffield Foundation*. London : King's College of London.
- Paranhos, R., Filho, D. F., da Rocha, E. C., da Silva Junior, J. A., & Freitas, D. (2016). Uma introdução aos métodos mistos. *Sociologias*, 18(42), 384-411.
- Patton, M. Q. (1987). *How to use qualitative methods in evaluation*. Newbury Park, CA: Sage.
- Pearson, G. (2017). National academies piece on integrated STEM. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 224-226. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289781>
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. (2003). *Manual de investigação em Ciências Sociais*. (3ª Edição ed.). (Gradiva, Ed.) Lisboa: Gradiva.
- Rahman, M. S. (2017). The advantages and disadvantages of using qualitative and quantitative approaches and methods in language “testing and assessment” research: a literature review. *Journal of Education and Learning*, 6(1), 102-112.
- Riskowski, J. L., Todd, C. D., Wee, B., Dark, M., & Harbor, J. (2009). Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in an eighth grade science course. *International Journal of Engineering Education*, 25(1), 181-195. <https://pdfs.semanticscholar.org/e186/eca7bc20901d0be8ab2afc78b405b7a15cf6.pdf>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson , H., & Hemmo, V. (2007). *Educação da ciência - Agora: uma pedagogia renovada para o futuro da Europa*. Comissão Europeia. Bruxelas: Direção-Geral para a Investigação, Ciência, Economia e Sociedade. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_pt.pdf
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). *Swing the seeds of ROSE. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (the relevance of Science Education) - A comparative study of students views of science and science education.* Oslo: Department of Teacher Education and School Development University of Oslo.
- Shahali, E. H., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00667a>
- Shipstone, D. M., Rhöneck, C. V., Kärrqvist, C., Dupin, J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A Study of Student' Understanding of Electricity in Five European Cuntries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
- Siekman, G., & Korbel, P. (2016). *Defining 'STEM' skills: review and Synthesis of the literature - Support document 1.* Adelaide: NCVER.
- Silva, A. (2018). As multirrepresentações no ensino dos movimentos na terra. Um trabalho com alunos do 9.º ano. *Mestrado em Ensino da Física e da Química no 3.o ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.* Lisboa: Universidade de Lisboa.
- Silva, C. (2016). Trabalho laboratorial de cariz investigativo na aprendizagem do tema corrente elétrica e circuitos elétricos. *Mestrado em Ensino da Física e da Química no 3.o ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.* Lisboa: Universidade de Lisboa.
- Silva, C., & Batista, M. (2016). Tarefas de investigação na aprendizagem do tema corrente elétrica e circuitos elétricos. *Sensos-e Revista Multimédia de Investigação em Educação*, III(2), 1-9. From Sensos-e Revista Multimédia de Investigação em Educação: <http://sensos-e.e.se.ipp.pt/?p=12463>
- Stolmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(4), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., . . . Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education. A Systematic Review of Instrutlional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1)(02), 1-12.
- Wang, H. H., Moore, T., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher preceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>
- Wells, J. G. (2016). PIRPOSAL Model of Integrative STEM Education: Conceptual and Pedagogical Framework for Classroom Implementation. *Technology and Engineering Teacher*, 75(6), 12-19. https://www.researchgate.net/publication/301356803_PIRPOSAL_Model_of_Integrat

ive_STEM_Education_Conceptual_and_Pedagogical_Framework_for_Classroom_Implementation/figures?lo=1

- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.
<http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf> visto em 24/10/2019
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.

APÊNDICES

APÊNDICE A: PLANIFICAÇÃO DAS AULAS

Desenvolvimento da aula de investigação

Tema: Eletricidade

Aula 1 e 2 (duração 75 min.)

Data:13/01/2020

Sumário:

Aplicação de um teste WAT (*word association test*)

Introdução da unidade - Eletricidade: Importância da Eletricidade nos nossos dias. Conceitos básicos, componentes elétricos e sua simbologia. Efeitos da eletricidade nos seres humanos.

Resolução da Tarefa “Engenharia Inversa” – Parte I, sobre circuitos elétricos em série e em paralelo.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos
<p>Introdução da Temática Eletricidade</p> <p>Aplicação de um Teste – WAT (word association test)</p> <p>Apresentação do teste</p>	5 min	<p>Os alunos, individualmente, associam a cada palavra apresentada outras palavras que associem à palavra estímulo.</p> <p><u>Possíveis dificuldades dos alunos:</u></p> <p>Compreensão do que é pedido,</p>	<p>- Faz uma breve explicação do que se pretende para a realização da tarefa indicando o que se pretende e o tempo que têm para a realizar.</p> <p>- Questiona os alunos se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - compreenderam o que é pedido. - têm mais alguma questão que queiram ver esclarecida. <p>- Distribui o teste e pede aos alunos para iniciarem a tarefa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar compreensão sobre a tarefa a realizar. - Mostrar compreensão sobre o significado das palavras que foram alvo de discussão na introdução da tarefa
	10 min.	Os alunos escrevem palavras que associam a cada palavra estímulo que lhes foi entregue.	- Dá tempo para os responderem à questão e discuti-la entre eles.	- Mostrar pré conhecimento sobre as

Aplicação de um Teste – WAT (word association test) 1ª Parte: Associação de palavras relacionadas com a palavra estímulo		<u>Possíveis dificuldades dos alunos:</u> - Compreender o que é pedido; - Desconhecimento da palavra estímulo ou associá-la corretamente ao tema Eletricidade.	- Circula pelos grupos atenta às palavras que poderão surgir.	palavras estímulo relacionadas com a unidade curricular - Eletricidade
Aplicação de um Teste – WAT (word association test) 2ª Parte: Escrever frases onde incluam a palavra estímulo e as palavras associadas	10 min	Os alunos escrevem frases com as palavras que associam e a palavra estímulo que lhes foi entregue. <u>Possíveis dificuldades dos alunos:</u> - Compreender o que é pedido; - Construir frases com as palavras associadas e a palavra estímulo que estejam relacionadas com o tema Eletricidade.	- Dá tempo para os alunos escrevam frases que relacionem as palavras associadas e a palavra estímulo - Vai observando os grupos e escutando os seus raciocínios.	- Mostrar pré conhecimento sobre as palavras estímulo relacionadas com a unidade curricular - Eletricidade - Mostrar capacidade de estabelecer relações de algum vocabulário com o tema a estudar, e espírito crítico; - Expressar -se em linguagem cientificamente correta.
Introdução da unidade curricular: Eletricidade (Prof. Teresa Nunes)	15 min	- Os alunos vão interagindo e participando respondendo às questões que o professor vai colocando, mostrando o que já conhecem sobre o tema relembrando conhecimento já adquirido.	- O professor, introduz o tema Eletricidade, mostrando como surge e de que forma se faz sentir - Pode começar por colocar um conjunto de questões aos vários grupos: - o que é a eletricidade?	- Diagnosticar o pré conhecimento dos alunos sobre o tema Eletricidade. - Contribuir com ideias próprias - Ouvir as ideias uns dos outros

			<ul style="list-style-type: none"> - de que forma se faz sentir? - no dia a dia onde se pode ver utilizações e efeitos da eletricidade? - o que está na origem da eletricidade? - Dá exemplos do dia a dia que mostrem o uso da eletricidade e da energia elétrica. -Associa a corrente elétrica a um movimento orientado de partículas com carga elétrica (elétrons ou iões) através de um meio condutor. - Distinguir circuito fechado de circuito aberto 	
Introdução da tarefa: Engenharia Reversa	5 min	<p>- Os alunos, distribuídos em grupos, leem o texto introdutório.</p> <p>Podem questionar sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vocabulário ou expressões desconhecidas no texto ou no contexto (engenharia inversa, princípios tecnológicos, dispositivo, sistema, ...) - compreensão do texto, no geral. 	<p>-Pede a um aluno para ler o texto introdutório em voz alta para toda a turma.</p> <p>Questiona se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - compreenderam o texto e o seu vocabulário - compreenderam o que se pretende com a tarefa. - têm alguma questão a colocar antes de iniciar a tarefa -Explica o que se pretende com a tarefa; -Distribui as caixas mistério e coloca à disposição em cima da bancada/mesa o material que têm ao dispor para construir a nova caixa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar compreensão sobre a tarefa a realizar. - Mostrar compreensão sobre o significado das palavras que foram alvo de discussão na introdução da tarefa

<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte I – circuitos em série e em paralelo</p> <p>Questão1: [Observem e experimentem a caixa mistério, <u>sem a abrir</u>. Registem o que observam]</p>	<p>10 min</p>	<p>- Os alunos deverão pegar na caixa mistério e:</p> <p>-observam atentamente a caixa e os seus constituintes visíveis,</p> <p>- experimentam (ligam, desligam usando um interruptor, podem retirar lâmpadas, repor e ver o que acontece.</p> <p>- tentam compreender o seu funcionamento.</p> <p>- registam as observações que acharem importantes (componentes visíveis, quantidade de componentes visíveis, o que acontece quando acionam o interruptor, o que acontece se retirarem uma lâmpada, intensidade e brilho das lâmpadas, etc...).</p>	<p>O professor pede para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - lerem a questão; - questiona se tem alguma dúvida; <p>O professor circula pelos grupos observando com atenção ao comportamento dos alunos perante a caixa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - interesse pelo objeto; - tipo de comentários relativamente ao objeto e a relação com circuitos elétricos; - como testam a caixa; <p>Pode ter que esclarecer dúvidas que surjam:</p> <ul style="list-style-type: none"> - podemos abrir/desmontar a caixa? - como sabemos o que lá está dentro? - como está ligado? - Porque acendem as luzes? -Podemos tirar as lâmpadas? <p>Pode dar pistas de como podem testar a caixa.</p>	<p>-Mostrar capacidade de observação e captação de pormenores associados com circuitos elétricos.</p> <p>- Mostrar interesse e curiosidade por experimentar e testar um equipamento elétrico;</p> <p>- Revelar interesse em compreender como funcionam equipamentos elétricos.</p> <p>- Mostrar conhecimento sobre os elementos que compõem um circuito.</p> <p>- Contribuir com ideias próprias no grupo.</p> <p>- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.</p>
---	---------------	---	---	--

			<p>-usem o interruptor... liguem desliguem vejam o que acontece se tirarem 1 lâmpada.</p> <p>- pensem nos brinquedos que tem lá em casa, ou no telemóvel? O que precisa para funcionar?</p>	
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte I: circuitos em série e em paralelo</p> <p>Questão2: [Abram a caixa e analisem o seu interior. Registem o que observam e façam uma lista de material necessário.]]</p>	10 min	Os alunos abrem a caixa e analisam os componentes e o circuito elétrico que está no seu interior e fazem o registo do que observam e o material necessário para reproduzir a caixa mistério.	<p>O professor circula pelos grupos observando com atenção as observações que fazem e os respetivos raciocínios pode responder a questões colocadas pelos alunos dando pistas que levem à resposta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar os componentes principais de um circuito elétrico; - Saber analisar circuitos elétricos e perceber o seu funcionamento. - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
<p>Questão3: [3 - Desenhem o que observam.]</p>	10 min	Os alunos observam o interior da caixa e reproduzem o esquema do circuito que se encontra dentro da caixa mistério (em série ou em paralelo consoante a caixa que tiverem)	<p>O professor circula pelos grupos observando com atenção os raciocínios dos alunos para desenharem o esquema de montagem do circuito.</p> <p>Caso seja necessário dá pistas/orientações para que os alunos possam desenhar corretamente o esquema de montagem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar capacidade de desenhar circuitos elétricos corretamente; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;

			<p>Pode dar pistas de como podem ligar os vários componentes:</p> <p>- observem bem a caixa mistério. Tenta imaginar uma forma de ligar todos os componentes e vejam quanto de cada material vão precisar.</p>	<p>- Mostrar capacidade de resolver problemas relacionados com circuitos elétricos;</p> <p>- Mostrar criatividade na elaboração do desenho do circuito elétrico.</p> <p>- Contribuir com ideias próprias no grupo.</p> <p>- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo</p>
--	--	--	--	---

Desenvolvimento da aula de investigação

Tema: Eletricidade

Aula 3 (duração 45 min)

Data:17/01/2020

Sumário:

Continuação da resolução da Tarefa “Engenharia Inversa” – Parte I, sobre circuitos elétricos em série e em paralelo.

Montagem de circuitos elétricos em série e em paralelo e respetiva análise.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos
Tarefa: Engenharia Reversa Parte I: circuitos em série e em paralelo	10 min	<p>Cada grupo deve referir as suas observações sobre a caixa mistério antes e depois de abrir a caixa.</p> <p>Comparar as observações feitas pelos grupos com circuitos em série e as dos grupos com circuitos em paralelo.</p> <p>Os alunos retomam a tarefa no ponto onde a terminaram na aula anterior</p>	<p>O professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pede a cada grupo que refira as observações que fez antes e depois de abrir a caixa. - Realça o facto das observações não serem iguais em todos os grupos. Pode perguntar porquê. Ou pedir que pensem sobre uma possível justificação para esse facto até à aula seguinte. <p>O professor dá instruções para continuarem a tarefa que iniciaram na aula anterior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico; - Mostrar capacidade de comunicar corretamente usando linguagem científica adequada aos circuitos elétricos.
Tarefa: Engenharia Reversa Parte I: circuitos em série e em paralelo	20 min	Os alunos irão reproduzir experimentalmente o circuito que desenharam tendo em conta o material disponível no laboratório.	<p>O professor disponibiliza o material aos grupos, mediante a sua lista de material necessário.</p> <p>Circula pelos grupos observando a forma como fazem as ligações e se seguem o esquema que elaboraram.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;

<p>Questão 4: Com o material disponível e o vosso desenho façam a montagem do circuito e verifiquem se funciona como a caixa mistério.]</p>		<p>De seguida vão testá-lo como fizeram inicialmente com a caixa mistério para verificar se o funcionamento é semelhante.</p>	<p>Pode ajudar, colocando questões que guiem os alunos de forma a que consigam interpretar o esquema e transpô-lo para o circuito.</p> <p>Verifica se os circuitos estão bem montados. Em caso de não estar sugere que voltem a verificar se esta como no desenho que fizeram.</p> <p>Responde a questões que os alunos coloquem relativamente à montagem do circuito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Saber interpretar desenhos de circuitos elétricos e ser capaz de reproduzi-los na construção de circuito elétrico; - Mostrar capacidades criativas, na elaboração/construção da caixa mistério; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte I: circuitos em série e em paralelo</p> <p>Questão 5: [Expliquem por desenhos ou palavras o seu funcionamento.]</p>	<p>10 min</p>	<p>Os alunos devem explicar como funciona o circuito da caixa mistério.</p> <p>Ex: Ao acionar o interruptor fecha-se o circuito e a pilha fornece energia permitindo gerar uma corrente que percorre os fios condutores até as lâmpadas, acendendo-as.</p>	<p>O professor circula pelos grupos e vai observando e ouvindo os raciocínios feitos pelos alunos e orientando sempre que se justifique.</p> <p>Pode sugerir que eles pensem e descrevam no que acontece para as lâmpadas ligarem, qual o papel de cada componente...</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar compreensão sobre o funcionamento de um circuito elétrico; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico; - Expressar-se corretamente usando linguagem

				<p>científica adequada aos circuitos elétricos.</p> <p>- Contribuir com ideias próprias no grupo.</p> <p>- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.</p>
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte I: circuitos em série e em paralelo</p> <p>Questão 6: [Refiram a importância de cada um dos seus componentes.]</p>	5 min	<p>Os alunos deverem identificar a função de cada componente no circuito:</p> <p>Ex:</p> <p>Pilha fornece energia;</p> <p>Interruptor permite abrir ou fechar o circuito permitindo a passagem ou não (no caso de aberto) a passagem da corrente elétrica.</p> <p>As lâmpadas são o recetor e tem a função de iluminar.</p>	<p>Vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como se exprimem.</p> <p>Orienta os alunos em caso destes não estarem a compreender o que é pedido.</p> <p>Responde a possíveis questões que possam surgir aos alunos;</p> <p>- o que se pretende com esta questão? A importância, como assim?</p>	<p>- Expressar-se corretamente usando linguagem científica adequada aos circuitos elétricos.</p> <p>- Mostrar compreensão sobre o funcionamento de um circuito elétrico</p> <p>- Mostrar compreensão sobre o papel de cada componente num circuito elétrico.</p> <p>- Contribuir com ideias próprias no grupo.</p> <p>- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.</p>

Desenvolvimento da aula de investigação

Tema: Eletricidade

Aula 4 e 5 (duração 90 min.)

Data: 20/01/2020

Sumário:

Conclusão da Tarefa “Engenharia Inversa” – Parte I: Discussão em grupo da tarefa realizada.

Sistematização dos conceitos sobre circuitos em paralelo e em série.

Início da Tarefa 2: “Engenharia Inversa” – Parte II: Bons e Maus condutores

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte I: circuitos em série e em paralelo</p> <p>Questão 7: [Comuniquem, ao vosso chefe (turma), as vossas descobertas sobre a caixa mistério e comparem os vossos resultados com os dos outros grupos. O que concluem?]</p>	<p>15 min</p> <p>15min</p>	<p>Os alunos concluem a tarefa da aula anterior registando os principais resultados da análise da caixa e do circuito que cada uma contém, fazendo um resumo que deve comunicar depois à turma durante a discussão.</p> <p>Cada grupo comunica ao resto da turma o que aprendeu ao explorar a caixa mistério.</p> <p>Quais os aspetos importantes que cada grupo obteve da análise à caixa mistério.</p>	<p>A professora dá tempo para os alunos terminarem as tarefas iniciadas na aula passada.</p> <p>Pede a cada grupo que comunique os pormenores que registou da observação e experimentação da caixa mistério;</p>	<p>- Distinguir circuito aberto de circuito fechado;</p> <p>- Saber interpretar desenhos de circuitos elétricos e ser capaz de reproduzi-los na construção de circuito elétrico;</p> <p>- Expressar-se corretamente usando</p>

Discussão da tarefa e sistematização dos conteúdos abordados		<p>Confronta o seu esquema com o dos outros grupos evidenciando as diferenças e as funcionalidades.</p> <p>Cada grupo explica aos restantes o desenho do circuito que desenhou e como fez a montagem, se conseguiu reproduzir corretamente o circuito da caixa mistério.</p> <p>Cada grupo explica como funciona cada circuito e qual a importância de cada componente que o constitui.</p>	<p>Regista no quadro destacando diferenças dos grupos com circuitos em série e outros em paralelo.</p> <p>Pode mostrar um slide com a foto dos esquemas ou desenhá-los no quadro para mostrar os diferentes tipos de circuito e a importância e vantagem de usar esquemas elétricos para representar o circuito.</p> <p>Pede para cada um dos grupos explicar como funciona cada um dos circuitos elétricos e qual a função de cada componente nos circuitos.</p>	<p>linguagem científica adequada aos circuitos elétricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mostrar compreensão sobre o funcionamento de um circuito elétrico; - Compreender que existem diferentes formas de ligar os componentes num circuito e que estas são usadas consoante o que pretendemos que o circuito faça; - Distinguir associação em série e em paralelo; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;
Tarefa: Engenharia Reversa	10min	Os alunos podem questionar sobre os conceitos falados na aula.	O professor faz a sistematização dos conceitos relativos aos circuitos em série e em paralelo:	

Síntese final			<ul style="list-style-type: none"> - Refere a importância de uns e outros: vantagens e desvantagens. - Fala da importância dos esquemas dos circuitos elétricos e como representa-os usando a simbologia. - Evidência a diferença entre ambos. - Dá exemplos de utilização de ambos. 	
Introdução da tarefa: Engenharia Reversa Partell – Bons e Maus condutores Questão 1: [Leiam a banda desenhada.]	3 min	Os alunos deverão ler o enunciado da tarefa e colocar questões que possam esclarecer possíveis dificuldades sobre interpretação ou vocabulário.	<p>O professor introduz a nova Tarefa distribuindo o enunciado da tarefa pelos grupos e:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pede para ler a tarefa; - Indica quais as questões que pretende que sejam respondidas na aula; - Questiona se têm alguma dificuldade na compreensão sobre o que é pedido na tarefa; 	- Mostrar compreensão da tarefa relativamente ao vocabulário usado e interpretação do texto.
Introdução da tarefa: Engenharia Reversa Parte II – Bons e Maus condutores. Questão 2: [Planifiquem uma atividade, usando a caixa mistério, que vos permita ajudar a	10 min	<p>Os alunos deverão planificar uma atividade usando a caixa mistério de modo a testar diferentes materiais;</p> <p>Ex:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Escolher diferentes materiais (plástico, madeira, metal, grafite do lápis, borracha, uma colher, moeda, clip, folha de papel, ...; 	<p>O professor vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como se exprimem e planeiam a atividade.</p> <p>Orienta os alunos, colocando questões que os ajudem, em caso destes não estarem a compreender o que é pedido.</p>	<p>- Elabora e implementa planos em tarefas de carácter investigativo e de resolução de problemas, incluindo o trabalho experimental.</p> <p>- Expressar-se corretamente usando</p>

responder às questões da Maria.]		2- Prender o dos objetos entre dois pares de crocodilos, mantendo todos os outros pares ligados; 3- Verificar se as lâmpadas acendem; 4- Registrar os resultados 5- Repetir o procedimento para outros materiais.	Responde a possíveis questões, que possam surgir aos alunos;	linguagem científica adequada aos circuitos elétricos. - Mostrar capacidade de utilizar e aplicar conhecimento já adquirido a novas situações; - Mostrar criatividade e capacidade de dar uma nova aplicação à caixa mistério; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Introdução da tarefa: Engenharia Reversa Parte II – Bons e Maus condutores. Questão 3: [Façam uma lista dos materiais, à vossa escolha, que	5 min	Os alunos fazem uma lista de materiais, isoladores e condutores, de que dispõem e que podem testar na caixa mistério (ex: lápis (madeira e grafite), borracha, clip, régua, caneta, folha de papel, um pedaço de tecido, madeira, fio condutor, ...)	O professor vai circulando pelos grupos verificando os materiais que estão a escolher e se têm materiais, Isoladores e condutores. Pode sugerir mais algum material que esteja por perto.	- Prever características de condutividade em diferentes materiais; - Contribuir com ideias próprias no grupo.

consigam identificar e testar.]				- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
<p>Introdução da tarefa: Engenharia Reversa Parte II – Bons e Maus condutores.</p> <p>Questão 4: [Façam um esquema de montagem do circuito, identificando cada um dos componentes.]</p>	10min	Os alunos deverão desenhar o esquema do circuito elétrico correspondente à sua caixa assinalando o local do esquema onde irão ligar os seus materiais para o teste.	<p>O professor vai circulando pelos grupos verificando os esquemas que são elaborados.</p> <p>No caso de os alunos fazerem o desenho do circuito em vez do esquema, pode alertar que o que é pedido é o esquema, pedindo que relembrem a aula passada.</p> <p>Pode dar dicas para os alunos poderem representar corretamente o esquema e usar a simbologia correta;</p> <p>Responde a questões que os alunos possam querer ver esclarecidas.</p> <p>Se não souberem como representar o material que estão a testar pode dar a dica de representar como uma resistência (por exemplo).</p>	<p>- Aplicar conhecimento adquirido anteriormente sobre elétricos;</p> <p>- Construir e interpretar esquemas elétricos;</p> <p>- Reconhecer simbologia usada nos esquemas elétricos;</p> <p>- Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;</p> <p>-Mostrar compreensão sobre o funcionamento de um circuito elétrico;</p> <p>- Contribuir com ideias próprias no grupo.</p>

				- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
<p>Introdução da tarefa: Engenharia Reversa Parte II – Bons e Maus condutores.</p> <p>Questão 5: [Testem os materiais e depois agrupem-nos e classifique-nos como condutores ou isoladores de corrente elétrica.]</p>	10min	Os alunos deverão usar um dos pares de crocodilos para prender os materiais escolhidos e verificar se os materiais fecham o circuito ligando as lâmpadas, ou não, identificando assim quais os que são condutores da corrente elétrica e quais os materiais isoladores.	<p>O professor vai circulando pelos grupos verificando os testes que os alunos estão a testar e se o estão a fazer corretamente.</p> <p>Pode ter que responder a questões feitas pelos alunos relativamente à condutividade de alguns materiais, ou questões sobre o funcionamento do circuito.</p>	<p>- Identificar materiais bons condutores da corrente elétrica e materiais isoladores;</p> <p>- Compreender que um material isolador não permite a passagem da corrente elétrica;</p> <p>- Compreender que a condutibilidade dos condutores não é toda igual.</p> <p>- Contribuir com ideias próprias no grupo.</p> <p>- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.</p>
Síntese	10 min	Os alunos referem o seu procedimento para testar a condutividade elétrica dos materiais	Pergunta aos grupos como procediam para restar os materiais com a caixa.	- Elabora e implementa planos em tarefas de caráter investigativo e de resolução de

		<p>Listam os seus grupos de materiais condutores e não condutores e explicam qual a diferença.</p>	<p>O professor projeta os esquemas correspondentes ao esquema que permite testar os diferentes materiais. E confirma que os grupos têm esquemas idênticos</p> <p>Pede aos alunos que listem os seus materiais condutores e não condutores.</p>	<p>problemas, incluindo o trabalho experimental</p> <p>- Identificar materiais bons condutores da corrente elétrica e materiais isoladores;</p>
--	--	--	--	---

Desenvolvimento da aula de investigação

Tema: Eletricidade

Aula 6 (duração 45 min.)

Data: 24/01/2020

Sumário:

Continuação Tarefa “Engenharia Inversa” – Parte II: Bons e maus condutores (pesquisa).

Síntese dos resultados

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos
<p>Introdução da tarefa: Engenharia Reversa Parte II – Bons e Maus condutores.</p> <p>Questão 6: [Façam uma pesquisa e identifiquem o melhor material para a produção condutores elétricos, tendo em conta os seguintes critérios:</p> <p>a. Condutividade</p> <p>b. Valor Comercial</p> <p>c. Facilidade na produção de fios longos e de pequeno diâmetro]</p>	30min.	<p>Cada grupo faz uma pesquisa usando a pesquisa na internet tendo em conta os critérios de pesquisa (a) a c)).</p> <p>Necessitam de acesso a uma sala com computadores e acesso a internet).</p> <p>Elaboram um pequeno texto que resuma a sua pesquisa e dê resposta à “Maria”.</p>	<p>Pede a cada grupo que inicie a pesquisa.</p> <p>Circula pelos grupos de modo a observar as pesquisas e a recolha de informação.</p> <p>Pode sugerir algum site ou palavras chave que ajude a obter a informação pretendida.</p> <p>Responde a questões que os alunos queiram ver clarificadas acerca da pesquisa que estão a fazer.</p>	<p>- Mostrar capacidade na utilização de instrumentos para pesquisar, descrever, avaliar, validar e mobilizar informação.</p> <p>- Compreender que para além da condutividade existem outros fatores para a escolha de um determinado material para os fios condutores (o fator económico, a maleabilidade, resistência e facilidade e transformar em fios, etc)</p>

				<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Introdução da tarefa: Engenharia Reversa Parte II – Bons e Maus condutores. Discussão da tarefa	15min	Os alunos fazem uma síntese dos resultados obtidos, à turma discutindo qual o melhor material a usar nos condutores	O professor pede a cada grupo para resumir o resultado das suas pesquisas de modo a responder aos três critérios que formam propostos e outras informações que possam ser relevantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar capacidade na utilização de instrumentos para pesquisar, descrever, avaliar, validar e mobilizar informação - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.

Desenvolvimento da aula de investigação

Tema: Eletricidade

Aula 7 e 8 (duração 90 min.)

Data: 27/01/2020

Sumário:

Tarefa “Engenharia Inversa” – Parte III: Corrente elétrica e tensão

Distribuição da tensão e da corrente elétrica em circuitos com associações em série e em paralelo

Discussão da tarefa e sistematização de conceitos. Exercício de aplicação.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos
Tarefa: Engenharia Reversa Parte III: Corrente elétrica e tensão	10min	Os alunos: - Leem a banda desenhada; - Visionam no simulador PHET o funcionamento do amperímetro e do voltímetro bem como a forma de ligá-los no circuito; - Poderão questionar sobre as ligações ou sobre os aparelhos de medida.	O professor: -Introduz a tarefa; - Pede aos alunos que leiam a banda desenhada; - Com ajuda do simulador PHET apresenta os aparelhos de medida da corrente elétrica e da tensão elétrica explicando a forma correta de os introduzir nos circuitos para fazer as medições. -Questiona os alunos se querem colocar questões ou esclarecer alguma dúvida.	- Mostrar compreensão da tarefa relativamente ao vocabulário usado e interpretação do texto; - Identificar aparelhos de medida da corrente e da tensão elétrica; - Compreender como usar amperímetros e voltímetros, num circuito, para medir a corrente e a tensão;

<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte III: Corrente elétrica e tensão</p> <p>Questão 1: [Registem para cada um dos aparelhos, o seu nome, a sua função e como devem ser ligados no circuito.]</p>	5 min	Os alunos completam a tabela identificando o aparelho de medida, a sua função e como se liga no circuito.	<p>A professora dá tempo para os alunos respondam à questão;</p> <p>Circula pelos grupos para observar a realização da tarefa;</p> <p>Pode responder a questões que surjam aos alunos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar aparelhos de medida da corrente e da tensão elétrica; - Compreender como usar amperímetros e voltmíetros, num circuito, para medir a corrente e a tensão; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte III: Corrente elétrica e tensão</p> <p>Questão 2: [Desenhem os esquemas dos circuitos elétricos das duas caixas mistério introduzindo e</p>	10min	Os alunos fazem os esquemas elétricos de cada caixa mistério, introduzindo os amperímetros e voltmíetros nos locais do circuito onde devem medir.	<p>O professor vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como desenham o esquema dos circuitos e onde introduzem os aparelhos de medida.</p> <p>Orienta os alunos, colocando questões que os ajudem, em caso destes não estarem a compreender o que é</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar conhecimento adquirido anteriormente sobre esquemas elétricos; - Construir e interpretar esquemas elétricos com aparelhos de medida;

identificando os aparelhos de medida, em vários pontos do circuito.]			pedido ou detete que não estão a conseguir fazer o esquema. Responde a possíveis questões, que possam surgir aos alunos;	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer simbologia usada nos esquemas elétricos, nomeadamente a dos aparelhos de medida (voltímetro e amperímetro); - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Tarefa: Engenharia Reversa Parte III: Corrente elétrica e tensão Questão 3: [Use um voltímetro para medir a diferença de potencial em cada um dos componentes das duas caixas mistério. Registem os valores obtidos numa tabela.]	10 min	Os alunos - deverão medir com o voltímetro, em cada um dos componentes (pilha e lâmpadas) a diferença de potencial. - deverão saber colocar o voltímetro em paralelo com os diferentes componentes; - poderão ter dificuldades no uso dos aparelhos de medida: - onde os colocar no circuito; - colocá-los na posição correta (paralelo com os componentes.	O professor vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como ligam os aparelhos na caixa mistério; Confirma se estão a ligar o voltímetro em paralelo, no circuito. Orienta os alunos, colocando questões que os ajudem, em caso destes não estarem a usar corretamente o voltímetro ou não saibam como fazê-lo.	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar conhecimento no uso de voltímetros para medir corrente tensão, num circuito; - Saber fazer medições com voltímetros; -Saber construir tabelas de registo de dados; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.

Tarefa: Engenharia Reversa Parte III: Corrente elétrica e tensão Questão 4: [Use um amperímetro para medir a corrente elétrica em cada ramo do circuito, em ambas as caixas mistério. Registrem os valores obtidos numa tabela]	10 min	Os alunos - deverão medir com o amperímetro, em cada um dos componentes (pilha e lâmpadas) a diferença de potencial. - deverão saber colocar o amperímetro em paralelo com os diferentes componentes; - poderão ter dificuldades no uso dos aparelhos de medida:	O professor vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como ligam os aparelhos na caixa mistério; Confirma se estão a ligar o amperímetro em série, no circuito. Orienta os alunos, colocando questões que os ajudem, em caso destes não estarem a usar corretamente o voltímetro ou não saibam como fazê-lo.	- Mostrar conhecimento no uso de amperímetros para medir corrente tensão, num circuito; - Saber fazer medições com amperímetros; -Saber construir tabelas de registo de dados; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Tarefa: Engenharia Reversa Parte III: Corrente elétrica e tensão Questão 5: [Comparem os valores da diferença de potencial nos vários pontos medidos, em ambas as caixas e tirem conclusões]	5 min	Os alunos analisam os valores da d.d.p medidos e concluir que: - no circuito em série a d.d.p aos terminais da pilha é igual á soma das d.d.p aos terminais de cada uma das lâmpadas ($U_p = U_{L1} + U_{L2}$); - no circuito em série a d.d.p aos terminais da pilha é igual á soma das d.d.p aos terminais de cada uma das lâmpadas ($U_p = U_{L1} + U_{L2}$)	O professor vai circulando pelos grupos observando e ouvindo as análises e conclusões dos alunos. Pode dar orientações ou colocar questões que possam ajudar os alunos a tirar conclusões; Responde a questões que os alunos possam querer ver esclarecidas.	- Compreender como se distribui a diferença de potencial num circuito com associação de recetores em série e em paralelo; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;

		Os alunos poderão obter ligeiras diferenças que correspondem a perdas devido à resistência das lâmpadas e dos fios.		<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Tarefa: Engenharia Reversa Parte III: Corrente elétrica e tensão Questão 6: [Comparem os valores de corrente medidos nos vários ramos, em ambas as caixas, e tirem conclusões.]	5 min	<p>Os alunos analisam os valores da corrente elétrica medidos e concluir que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - no circuito em paralelo a corrente total do circuito é igual á soma das correntes de cada um dos ramos ($I_p = I_{L1} + I_{L2}$); - no circuito em série a corrente elétrica é igual em qualquer parte do circuito ($I = I_1 = I_2$). <p>Os alunos poderão obter ligeiras diferenças que correspondem a perdas devido à resistência das lâmpadas e dos fios.</p>	<p>O professor vai circulando pelos grupos observando e ouvindo as análises e conclusões dos alunos.</p> <p>Pode dar orientações ou colocar questões que possam ajudar os alunos a tirar conclusões;</p> <p>Responde a questões que os alunos possam querer ver esclarecidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender como se distribui a corrente elétrica num circuito com associação de recetores em série e em paralelo; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Tarefa: Engenharia Reversa Parte III: Corrente elétrica e tensão Discussão conjunta da tarefa e síntese.	25min	Questão 1: Cada grupo refere como completaram a tabela identificando o aparelho de medida, a sua função e como se liga no circuito.	<p>O professor pede aos vários grupos para referir como completaram a sua tabela.</p> <p>Pode ter que responder a questões feitas pelos alunos relativamente à forma de ligar os aparelhos de medida no circuito. (ex: o que aconteceria se ligássemos o amperímetro em paralelo e o voltímetro em série?)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar aparelhos de medida da corrente e da tensão elétrica; - Mostrar conhecimento no uso de amperímetros para medir corrente tensão, num circuito;

		<p>Questão 2: Indicam verbalmente onde (na caixa mistério) colocariam voltímetros e amperímetros, para medir corretamente a tensão e a corrente elétrica nos vários componentes do circuito.</p> <p>Confirmam com o esquema (mostrado em slide ou representado no quadro).</p> <p>Questão 3 e 4: Cada grupo refere os valores que mediu e registou relativamente à corrente elétrica e à d.d.p medida nos vários componentes.</p> <p>Questão 5 e 6: Cada grupo refere as conclusões que fez relativamente a análise de resultados:</p> <p>d.d.p</p> <ul style="list-style-type: none"> - no circuito em série a d.d.p aos terminais da pilha é igual á soma das d.d.p aos terminais de cada uma das lâmpadas ($U_p = U_{L1} + U_{L2}$) - no circuito em série a d.d.p aos terminais da pilha é igual á soma das d.d.p aos terminais de cada uma das lâmpadas ($U_p = U_{L1} + U_{L2}$) 	<p>O professor pede, aos grupos, para indicarem onde colocariam os aparelhos de medida no circuito e vai representando no quadro ou com ajuda de um slide projetado;</p> <p>O professor pede aos vários grupos que indiquem os valores medidos em cada caixa para a corrente em vários pontos dos circuitos e para a d.d.p. aos terminais dos vários componentes.</p> <p>O professor pede aos vários grupos que refiram as conclusões a que chegaram quanto à distribuição da d.d.p pelas lâmpadas e aos terminais da pilha em ambos os circuitos (associação em série e em paralelo). Depois pede para referirem como se distribui para a corrente no circuito com associação de lâmpadas em série e no circuito com associação de lâmpadas em paralelo. Pede também para referir como brilham as lâmpadas nas diferentes caixas mistério.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Saber fazer medições com amperímetros; - Compreender como se distribui a corrente elétrica num circuito com associação de recetores em série e em paralelo; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
--	--	--	---	--

		<p>Corrente elétrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - no circuito em paralelo a corrente total do circuito é igual á soma das correntes de cada um dos ramos ($I = I_1 + I_2$); - no circuito em série a corrente elétrica é igual em qualquer parte do circuito ($I = I_1 = I_2$). <p>Podem referir também a intensidade no brilho das lâmpadas em ambos os circuitos;</p> <p>Os alunos podem questionar-se sobre os conteúdos abordados na tarefa: aparelhos de medida ou distribuição de corrente e d.d.p. nos circuitos em série e em paralelo;</p>	<p>O professor faz a sistematização final dos conceitos abordados na aula esquematizando-os no quadro.</p> <p>Pergunta os alunos se têm alguma questão que gostariam de ver respondida relativamente aos conteúdos abordados.</p>	
<p>Aplica...</p> <p>Exercício de aplicação</p> <p>Questão 7</p>	10 min	Os alunos resolvem um exercício de aplicação dos conteúdos abordados na aula, sobre distribuição de d.d.p e corrente em associação de circuitos em série e em paralelo.	O professor dá tempo que os alunos respondam à questão e no final procede à respetiva resolução em conjunto.	- Aplicar o conhecimento adquirido em diferentes contextos.

Desenvolvimento da aula de investigação

Tema: Eletricidade

Aula 9 e 10 (duração 90 min.)

Data: 10/02/2020

Sumário:

Tarefa “Engenharia Reversa” – Parte III: Corrente elétrica e tensão: Discussão da tarefa e sistematização de conceitos.

Exercício de aplicação

Tarefa “Engenharia Reversa” – Parte IV: Resistência

Função das resistências num circuito;

Determinação do valor através do código de cores e por leitura com o Ohmímetro;

Unidade de medida (SI) da resistência

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte III: Corrente elétrica e tensão</p> <p>Conclusão da discussão conjunta da tarefa e síntese.</p>	20min	<p>Questão 1: Cada grupo refere como completaram a tabela identificando o aparelho de medida, a sua função e como se liga no circuito.</p> <p>Questão 2: Indicam verbalmente onde (na caixa mistério) colocariam voltímetros e amperímetros, para medir corretamente a</p>	<p>O professor relembra brevemente, pedindo aos vários grupos para recordarem as tarefas discutidas na aula anterior relativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aos instrumentos de medida usados para medir corrente elétrica e tensão elétrica e como se ligam no circuito; - aos esquemas dos circuitos, da caixa mistério, com a representação dos amperímetro e voltímetro nos locais onde pretendem fazer as medições; 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar aparelhos de medida da corrente e da tensão elétrica; - Mostrar conhecimento no uso de amperímetros para medir corrente tensão, num circuito; - Saber fazer medições com amperímetros;

		<p>tensão e a corrente elétrica nos vários componentes do circuito.</p> <p>Confirmam com o esquema (mostrado em slide ou representado no quadro).</p> <p>Questão 3 e 4: Cada grupo refere os valores que mediu e registou relativamente à corrente elétrica e à d.d.p medida nos vários componentes.</p> <p>Questão 5 e 6: Cada grupo refere as conclusões que fez relativamente a análise de resultados:</p> <p>d.d.p</p> <p>- no circuito em série a d.d.p aos terminais da pilha é igual á soma das d.d.p aos terminais de cada uma das lâmpadas ($U_p = U_{L1} + U_{L2}$)</p> <p>- no circuito em série a d.d.p aos terminais da pilha é igual á soma das d.d.p aos terminais de cada uma das lâmpadas ($U_p = U_{L1} + U_{L2}$)</p> <p>Corrente elétrica:</p>	<p>- aos valores obtidos para a d.d.p medidos pelos alunos nas duas caixas;</p> <p>O professor lembra estavam a resolver a questão relativa a medição de valores de corrente e pede para indicarem os valores que mediram</p> <p>O professor pede aos vários grupos que refiram as conclusões a que chegaram quanto à distribuição da d.d.p pelas lâmpadas e aos terminais da pilha em ambos os circuitos (associação em série e em paralelo). Depois pede para referirem como se distribui para a corrente no circuito com associação de lâmpadas em série e no circuito com associação de lâmpadas em paralelo. Pede também para referir como brilham as lâmpadas nas diferentes caixas mistério.</p> <p>O professor faz a sistematização final dos conceitos abordados na aula esquematizando-os no quadro.</p>	<p>- Compreender como se distribui a corrente elétrica num circuito com associação de recetores em série e em paralelo;</p> <p>- Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;</p> <p>- Contribuir com ideias próprias no grupo.</p> <p>- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.</p>
--	--	--	--	---

		<p>- no circuito em paralelo a corrente total do circuito é igual á soma das correntes de cada um dos ramos ($I = I_1 + I_2$);</p> <p>- no circuito em série a corrente elétrica é igual em qualquer parte do circuito ($I = I_1 = I_2$).</p> <p>Podem referir também a intensidade no brilho das lâmpadas em ambos os circuitos;</p> <p>Os alunos podem questionar-se sobre os conteúdos abordados na tarefa: aparelhos de medida ou distribuição de corrente e d.d.p. nos circuitos em série e em paralelo;</p>	Pergunta os alunos se têm alguma questão que gostariam de ver respondida relativamente aos conteúdos abordados.	
<p>Aplica...</p> <p>Exercício de aplicação</p> <p>Questão 7</p>	5 min	Os alunos resolvem um exercício de aplicação dos conteúdos abordados na aula, sobre distribuição de d.d.p e corrente em associação de circuitos em série e em paralelo.	O professor dá tempo que os alunos respondam à questão e no final procede à respetiva resolução em conjunto.	- Aplicar o conhecimento adquirido em diferentes contextos.
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte IV: Resistência</p>	15min	<p>Os alunos:</p> <p>- Os alunos ouvem um momento expositivo sobre resistências;</p>	<p>O professor introduz o conceito de resistência:</p> <p>- mostrando circuitos eletrónicos;</p> <p>- mostrando várias resistências,</p>	- Compreender o papel das resistências num circuito;

<p>Introdução da tarefa</p>		<ul style="list-style-type: none"> - podem ser convidados a participar respondendo a perguntas simples; - Leem o texto da tarefa proposta; - Poderão questionar sobre vocabulário do texto que lhes seja desconhecido; 	<ul style="list-style-type: none"> - refere a sua função; - como se determina o seu valor a partir do código de cores; - refere como se mede diretamente; - refere as unidades (SI) em que se exprime a resistência; - símbolo para representar resistências esquematicamente; <p>O professor explica aos alunos a tarefa proposta para a aula.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pede aos alunos que leiam o texto introdutório da tarefa; -Questiona os alunos se querem colocar questões ou esclarecer alguma dúvida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender como identificar o valor das resistências usando o código de cores; - Compreender usar um ohmímetro ou multímetro para medir o valor de resistências diretamente; - Mostrar compreensão da tarefa relativamente ao vocabulário usado e interpretação do texto;
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte III: Corrente elétrica e tensão</p> <p>Questão 1: [Prevejam onde poderiam colocar uma resistência no circuito da vossa caixa mistério e desenhem o seu esquema elétrico]</p>	<p>5min</p>	<p>Os alunos fazem os esquemas elétricos de cada caixa mistério, introduzindo a resistência no local onde achem adequado.</p>	<p>O professor vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como desenham o esquema dos circuitos e onde introduzem a resistência e como a representam</p> <p>Orienta os alunos, colocando questões que os ajudem, em caso destes não estarem a compreender o que é pedido ou detete que não estão a conseguir fazer o esquema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar conhecimento adquirido anteriormente sobre esquemas elétricos; - Construir e interpretar esquemas elétrico; - Reconhecer simbologia usada nos esquemas

introduzindo, em local apropriado, uma resistência que permita reduzir a corrente que chegará às lâmpadas]			Responde a possíveis questões, que possam surgir aos alunos;	elétricos, nomeadamente a da resistência - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Tarefa: Engenharia Reversa Parte III: Corrente elétrica e tensão Questão 2: [Determinem o valor das resistências, a partir do código de cores do vosso manual, e meçam o valor das resistências com o ohmímetro, registando o seu valor. Comparem os dois valores.]	10 min	Os alunos: - deverão usar o código de cores e identificar os valores das resistências fornecidas e registar os respetivos valores. - deverão medir e registar o valor de cada resistência diretamente com o ohmímetro ou com o multímetro; - deverão comparar os valores obtidos em ambos os casos; - poderão ter dificuldades no uso do aparelhos de medida ou em como medir diretamente aos terminais das resistências.	O professor vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como determinam os valores das resistências usando o código de cores; Confirma se estão a usar o código corretamente e os valores que estão a determinar; Observa os alunos a fazer as medições e orienta caso tenham dificuldades em medir com o ohmímetro ou multímetro; Orienta os alunos, colocando questões que os ajudem, em caso destes não estarem a usar corretamente o código ou o ohmímetro (ou multímetro)	- Mostrar conhecimento no uso do código de cores para determinar o valor das resistências; - Saber medir resistências com um ohmímetro ou multímetro; -Saber construir tabelas de registo de dados; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Tarefa: Engenharia Reversa	15 min	Os alunos - deverão consultar o esquema que desenharam na Questão 1 e prender cada	O professor vai circulando pelos grupos prestando atenção aos raciocínios e a forma como ligam os aparelhos na caixa mistério;	- Compreender o efeito do uso de resistência na corrente e na diferença de

<p>Parte III: Corrente elétrica e tensão</p> <p>Questão 3: [Testem as resistências fornecidas usando a caixa mistério, meçam a corrente e diferença de potencial e registem o que observam.]</p>		<p>uma das resistências no par de crocodilos entre a saída da pilha e uma das lâmpada</p> <ul style="list-style-type: none"> - deverão saber colocar o voltímetro em paralelo com os diferentes componentes e medir a d.d.p e amperímetro em série e medir a corrente elétrica; - poderão ter dificuldades em identificar onde deverão colocar a resistência no circuito da caixa ou como medir com voltímetro e amperímetro; 	<p>Confirma se estão a ligar o amperímetro em série, no circuito e o voltímetro em paralelo com as lâmpadas e resistência.</p> <p>Orienta os alunos e ajuda-os, a usar o voltímetro e o amperímetro ou a resistência caso tenham dificuldades em fazê-lo.</p>	<p>potencial, quando usadas num circuito elétrico;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saber usar/ligar resistências em circuitos elétricos simples, tendo em conta a função que desempenham; - Aplicar conhecimento adquirido no uso/ligação de amperímetros para medir corrente tensão, num circuito; - Saber fazer medições com amperímetros e voltímetros; -Saber construir tabelas de registo de dados; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
--	--	---	---	---

<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte III: Corrente elétrica e tensão</p> <p>Questão 4: [Qual das resistências usariam tendo em conta o que observaram e mediram na questão 3. Justifiquem.]</p>	5 min	Os alunos analisam os valores da e observações feitas na questão 3 e escolhem justificando qual a resistência que escolheriam para usar na caixa tendo em conta o brilho da lâmpada o valor de tensão máximo que as lâmpadas suportam.	<p>O professor vai circulando pelos grupos observando e ouvindo as análises e escolhas dos alunos.</p> <p>Pode dar orientações ou colocar questões que possam ajudar os alunos a tirar conclusões;</p> <p>Responde a questões que os alunos possam querer ver esclarecidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a papel da resistência em circuitos simples com associação de recetores em série e em paralelo; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico; - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
<p>Tarefa: Engenharia Reversa</p> <p>Parte III: Corrente elétrica e tensão</p> <p>Início da discussão da tarefa</p>	10 min	Questão 1: Em conjunto os alunos vão indicando onde colocariam a resistência de modo a reduzir a corrente no circuito elétrico;	<p>Questão1: O professor desenha os circuitos no quadro e pede aos alunos que indiquem onde colocariam a resistência para reduzir o valor da corrente que circula em cada um dos circuitos;</p> <p>Pode dar orientações ou colocar questões que possam ajudar os alunos a identificar o local onde deverá ser colocada a resistência, caso estes não consigam fazê-lo;</p> <p>Pode questionar porque se coloca naquele local e não noutra qualquer ponto do circuito;</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o papel das resistências, como se mede o seu valor; - Expressar-se corretamente usando linguagem científica adequada; - Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;

		<p>Questão 2: Os alunos vão indicando os valores que obtiveram usando o código de cores e medindo diretamente;</p> <p>Deverão concluir que os valores são semelhantes e as diferenças estarão relacionadas com a tolerância associada a cada resistência. Os valores obtidos por leitura direta aos terminais da resistência deverão estar na gama de tolerância da resistência.</p> <p>Questão 3 e 4: Os alunos deverão indicar as diferenças no brilho das lâmpadas quando usam diferentes resistências;</p> <p>Deverão também referir o que acontece à corrente e tensão quando usam diferentes resistências;</p> <p>Deverão escolher a resistência que acham adequada tendo em conta o brilho da lâmpada e a d.d.p máxima que as lâmpadas suportam. Comparar os resultados para cada circuito (em série e em paralelo)</p>	<p>Responde a questões que os alunos possam querer ver esclarecidas.</p> <p>Questão 2: Pede aos grupos que indiquem os valores das resistências obtidos medindo diretamente e usando o código;</p> <p>Questão 3 e 4: Pede aos grupos que refiram as diferenças que observaram quando usaram as diferentes resistências (brilho da lâmpada, d.d.p e corrente elétrica;)</p> <p>Questiona os alunos, sobre a resistência a usar, tendo em conta o brilho da lâmpada, d.d.p e corrente elétrica;</p> <p>Discutem outros possíveis resultados e se nos diferentes tipos de circuito os resultados são os mesmos ou diferentes;</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir com ideias próprias no grupo. - Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
--	--	--	--	--

Desenvolvimento da aula de investigação

Tema: Eletricidade

Aula 11(duração 45min.)

Data: 14/02/2020

Sumário:

Tarefa “Engenharia Inversa” – Parte IV: Resistência: sistematização da aula anterior.

Reflexão sobre as aprendizagens de eletricidade

Introdução da tarefa projeto – Missão Marte 2020:

- Apresentação da tarefa, objetivo e como vai decorrer;
- Visualização de vídeos alusivos a rovers usados para recolha e reconhecimento, no espaço;
- Identificação das funcionalidades do rovers “Curiosity”.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos
Tarefa: Engenharia Reversa Parte IV: Resistências Sistematização da aula anterior	15min	Cada grupo refere como completaram a tabela identificando o aparelho de medida, a sua função e como se liga no circuito.	O professor faz uma síntese de conceitos esquematizando no quadro as principais aprendizagens pedindo a colaboração dos alunos através de questões orientadoras.	<ul style="list-style-type: none">- Mostrar conhecimento sobre resistências;- Mostrar capacidade de raciocínio e espírito crítico;- Contribuir com ideias próprias no grupo.

			Pergunta os alunos se têm alguma questão que gostariam de ver respondida relativamente aos conteúdos abordados.	- Ouvir as ideias uns dos outros no grupo.
Reflexão sobre os conteúdos abordados	10 min	Os alunos farão uma breve reflexão escrita onde mostrarão o que aprenderam sobre os conceitos abordados algumas palavras chave: Corrente elétrica, d.d.p, circuito elétrico, associação em série e em paralelo, aparelhos de medida de corrente e d.d.p e como se ligam e resistências.	O professor dará tempo aos alunos para que em grupo reflitam sobre as aprendizagens; Pode responder a questões dos alunos sempre de forma a que sejam eles a chegar ao pretendido.	- Mostrar conhecimento adquirido sobre eletricidade; - Usar linguagem científica adequada à eletricidade; - Avaliar os seus conhecimentos sobre eletricidade e trabalho em grupo.
TarefaV: Projeto – Missão Marte 2020 Introdução da tarefa Apresentação da tarefa	20min	Os alunos: -Tomam conhecimento do projeto que vão realizar e como se desenrolará; - Assistem a dois pequenos vídeos sobre rovers espaciais e as suas funcionalidades;	O professor introduz o tema projeto; -Descrevendo o projeto em que os alunos se vão envolver: construção de um “robô” com algumas funcionalidades e recurso a circuitos eletrónicos;	- Mostrar compreensão da tarefa relativamente ao vocabulário usado e interpretação dos vídeos; - ser capaz de aplicar conhecimento já adquirido;

		<p>- Após a visualização dos vídeos terão que identificar as funcionalidades do rover “Curiosity “</p> <p>- Poderão questionar sobre como irão decorrer as aulas e com que material;</p> <p>-</p>	<p>O professor explica aos alunos a tarefa proposta e como irá decorrer referindo a colaboração das aulas TIC</p> <p>- Mostra 2 pequenos vídeos onde mostra as funcionalidades dos rovers espaciais;</p> <p>-Pede aos alunos para identificarem as funcionalidades que viram nos vídeos.</p> <p>Informa que as aulas seguintes irão decorrer nas aulas de TIC para programar e montar os robôs.</p>	
--	--	---	---	--

APÊNDICE B: TAREFAS

Tarefa 1

Físico Química 2019/20

Turma: 9º_

Data: __/__/__

Elementos do grupo: _____

Engenharia Reversa

Parte I

Engenharia reversa é o processo de descobrir os princípios tecnológicos e o funcionamento de um dispositivo, objeto ou sistema, através da análise da sua estrutura, função e operação. Objetivamente a **engenharia reversa** consiste em, por exemplo, desmontar uma máquina para descobrir como ela funciona. Desta forma, podemos admitir que a evolução tecnológica nem sempre é marcada pela inovação, mas sim, pelo constante melhoramento de produtos já existentes. São muitos os exemplos de empresas tecnológicas que competem entre si no mesmo segmento de negócio, aplicando esta técnica para se manterem competitivas no mercado. (Adaptado de <https://engenharia360.com/engenharia-reversa/>)



Imaginem que são um grupo de engenheiros, técnicos e eletricitas que trabalham numa empresa de equipamentos elétricos e o vosso chefe pediu-vos para analisarem e descobrirem como funciona um novo produto, de uma empresa concorrente, que está a ser um sucesso de vendas, para depois desenvolver um semelhante.

Prestem atenção à caixa mistério. Apliquem a técnica de **engenharia reversa** para compreender o seu funcionamento e desenhar uma outra com o mesmo princípio.

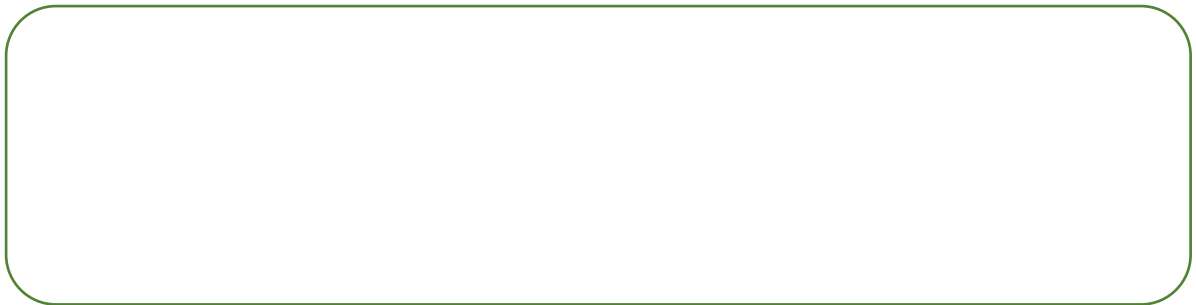
1. **Sem abrir**, observem e experimentem a caixa mistério. Registem o que observam.

2. Abram a caixa e analisem o seu interior. Registem o que observam e façam uma lista de material necessário.

3. Desenhem o que observam.



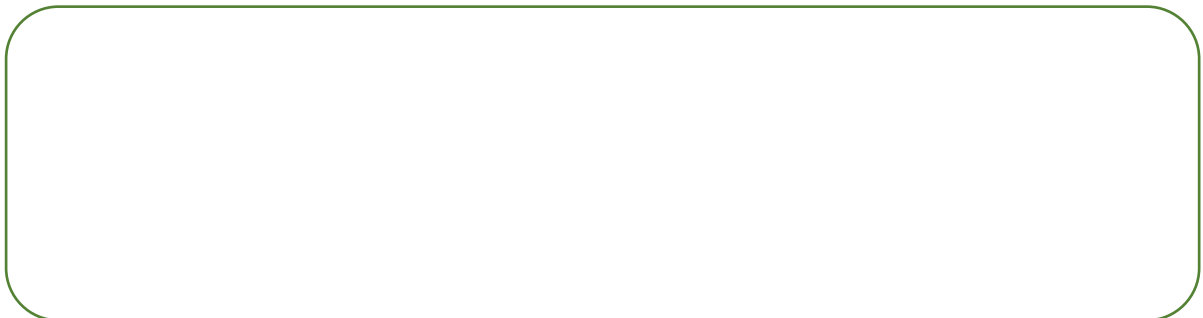
4. Com o material disponível e com o vosso desenho, façam a montagem do circuito e verifiquem se funciona como a caixa mistério.



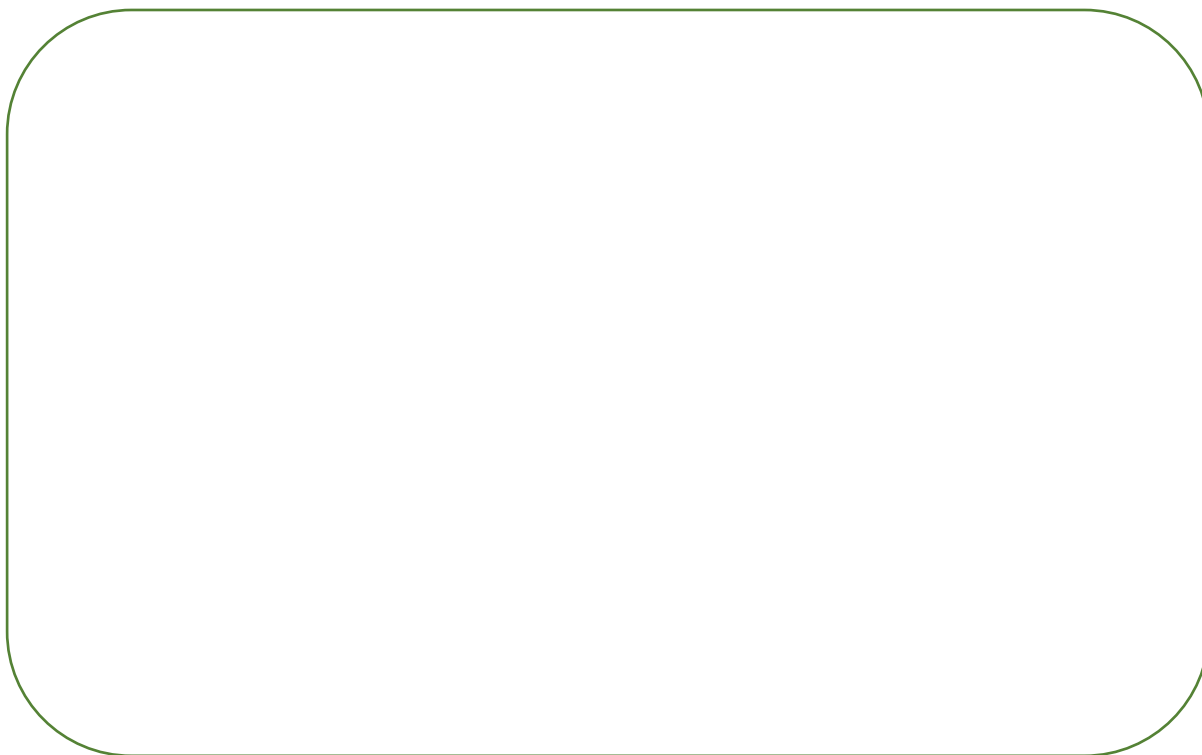
5. Expliquem por desenhos ou palavras o seu funcionamento.



6. Refiram a importância de cada um dos seus componentes.



7. Façam um breve resumo com as vossas descobertas sobre a caixa mistério e comuniquem-nas, ao vosso chefe (turma). Comparem os vossos resultados com os dos outros grupos. O que concluem?



Tarefa 2

Físico Química 2019/20

Turma: 9º_

Data: __/__/__

Elementos do grupo: _____

Engenharia Reversa

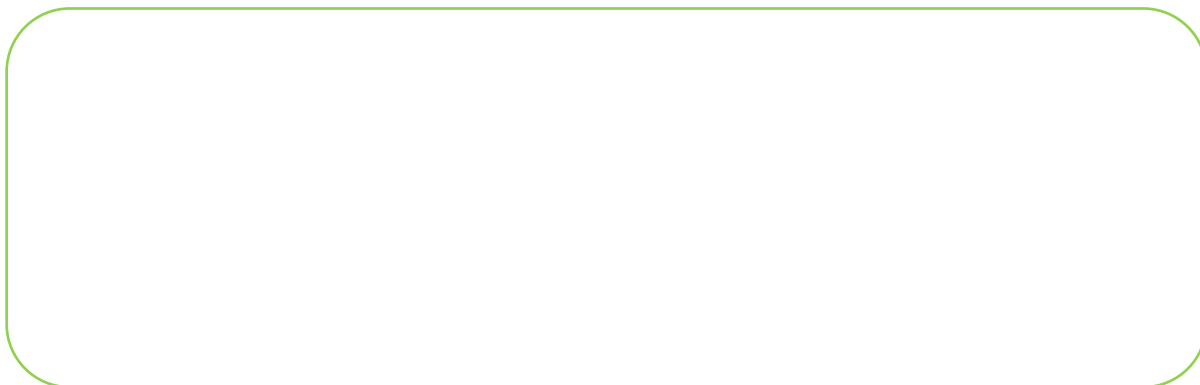
Parte II

O Zé e a Maria também estiveram a explorar a caixa mistério. Leiam a banda desenhada.

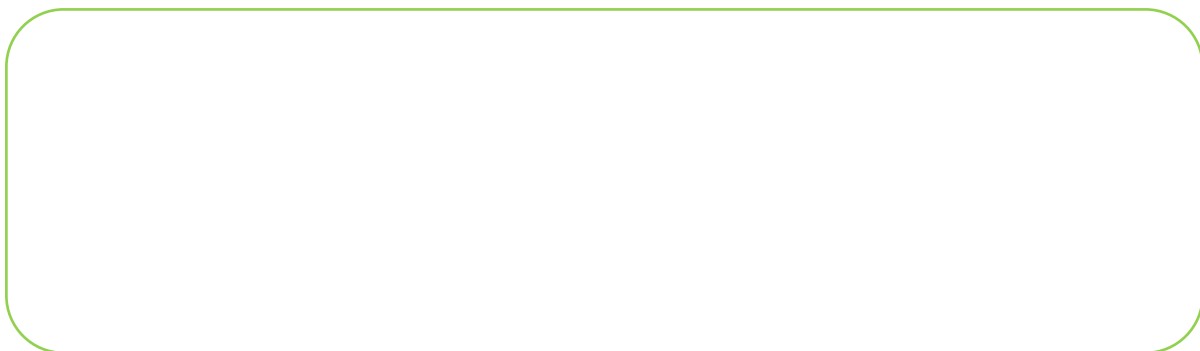


c. – Planifiquem uma atividade, usando a caixa mistério, que vos permita ajudar a responder às questões da Maria.

2. – Façam uma lista de diferentes materiais que gostariam de testar com a caixa mistério.



3. – Façam um esquema de montagem do circuito, identificando cada um dos componentes.



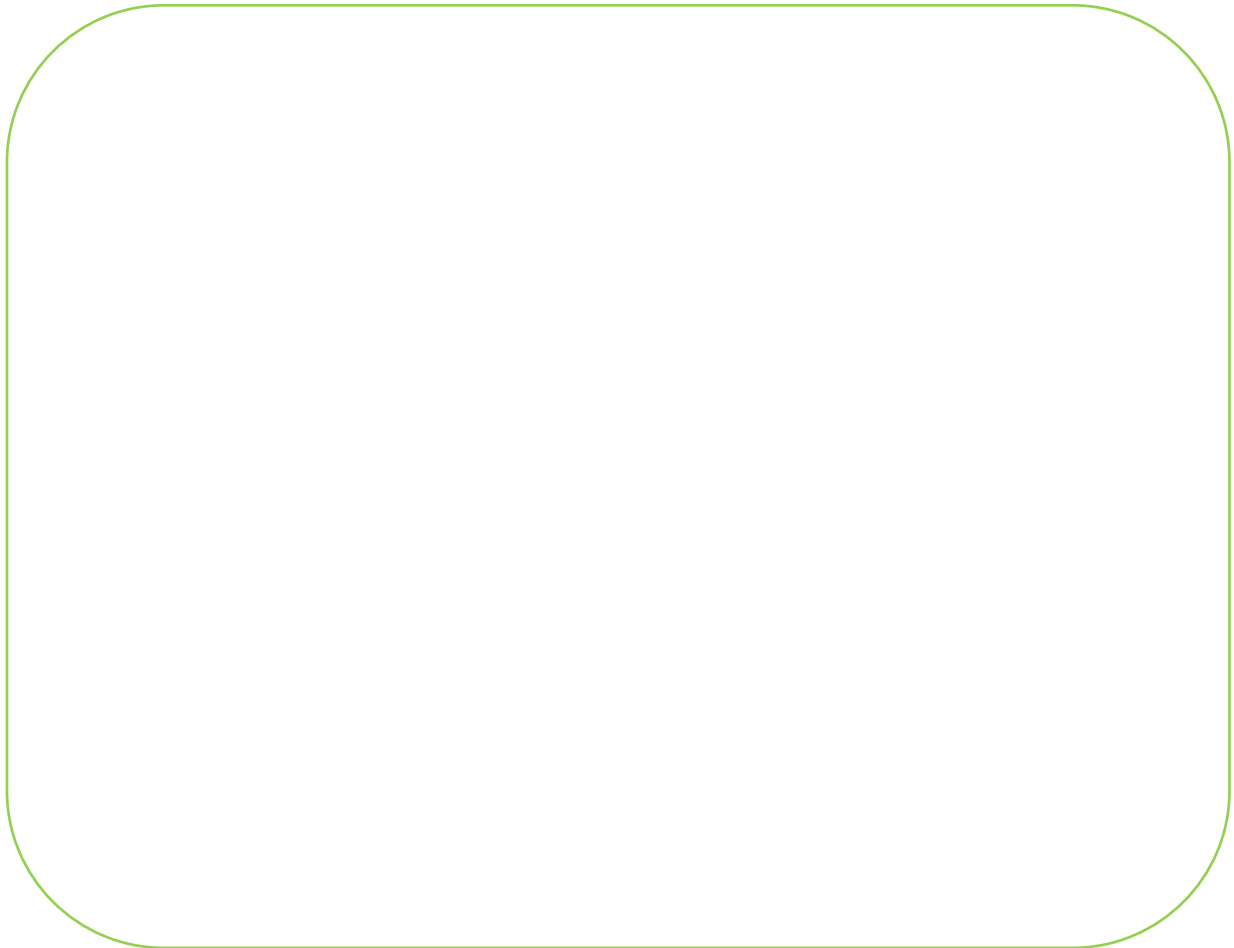
4. – Testem os materiais e depois agrupem-nos e classifique-nos como **condutores** ou **isoladores** de corrente elétrica.





5. – Façam uma pesquisa e identifiquem o melhor material para a produção condutores elétricos, tendo em conta os seguintes critérios:

- a. Condutividade
- b. Valor Comercial
- c. Facilidade na produção de fios longos e de pequeno diâmetro.



Tarefa 3

Físico Química 2019/20

Turma: 9º_

Data: __/__/__

Elementos do grupo: _____

Engenharia Reversa

Parte III

Depois de testarem os materiais e perceberem porque os condutores são de cobre, o Zé e a Maria, decidiram continuar a explorar a caixa mistério. Leiam a banda desenhada.



Observem o simulador PHET, que a Maria usou e prestem atenção à explicação dada para uma correta utilização dos aparelhos de medida usados, na medição da corrente e da tensão, num circuito elétrico.

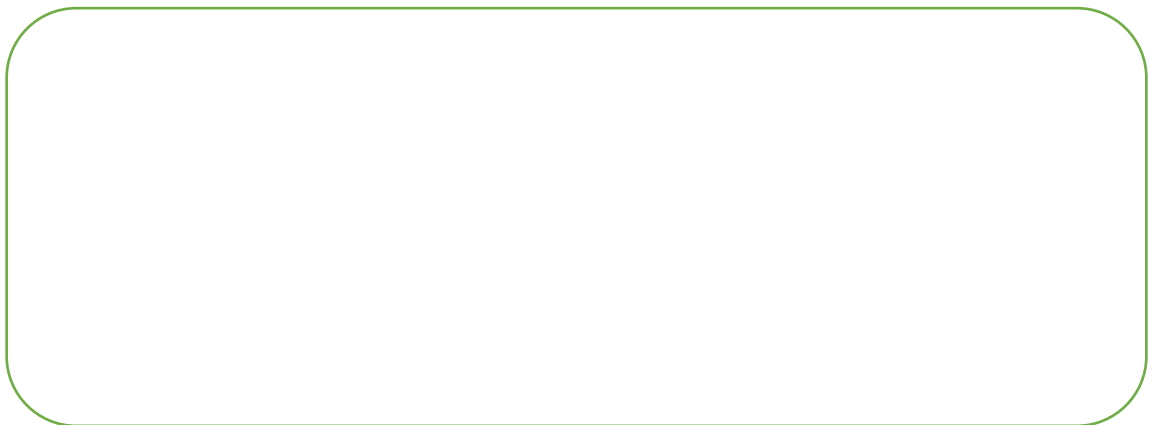
(https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt.html)

1. Registrem para cada um dos aparelhos, o seu nome, a sua função e como devem ser ligados no circuito.

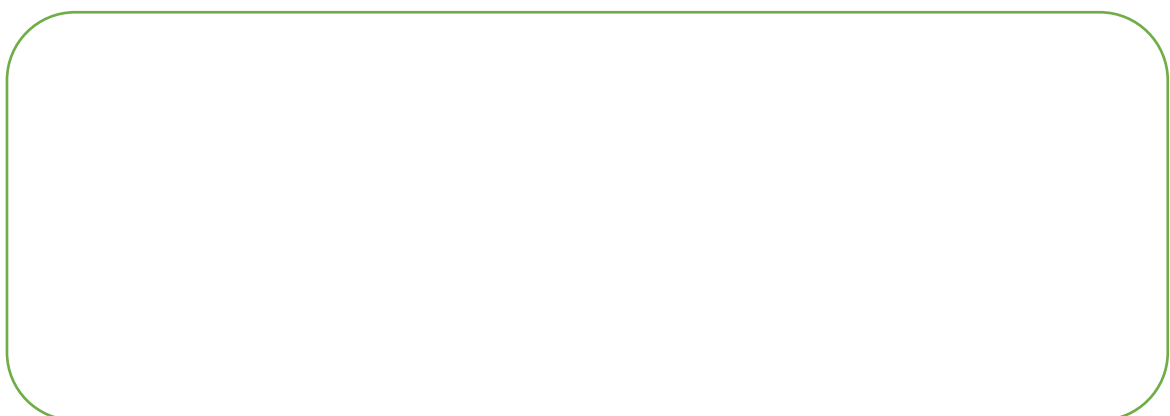
Aparelho	Função	Como ligar

2. Desenhem os esquemas dos circuitos elétricos das duas caixas mistério introduzindo e identificando os aparelhos de medida, em vários pontos do circuito.

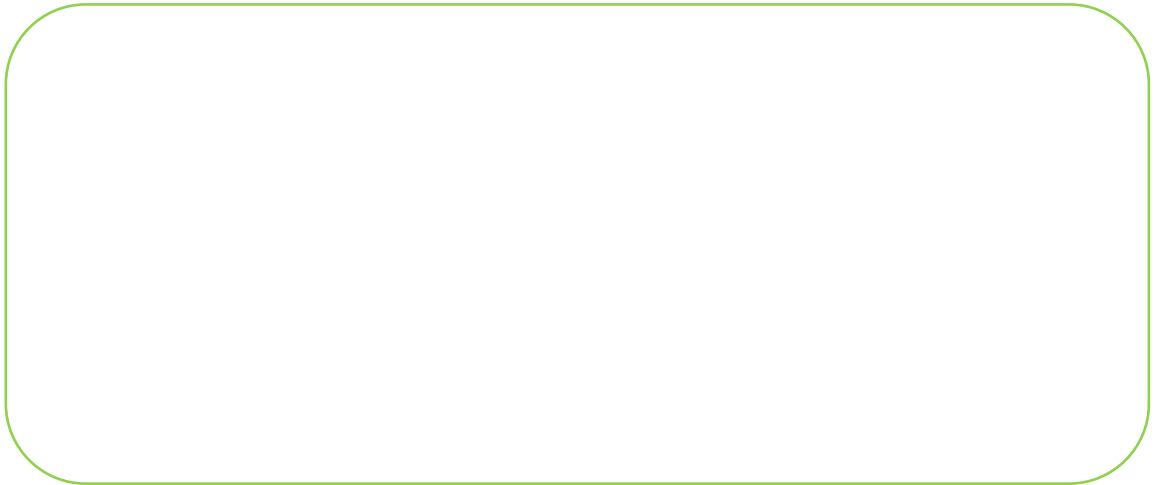
Circuito em série



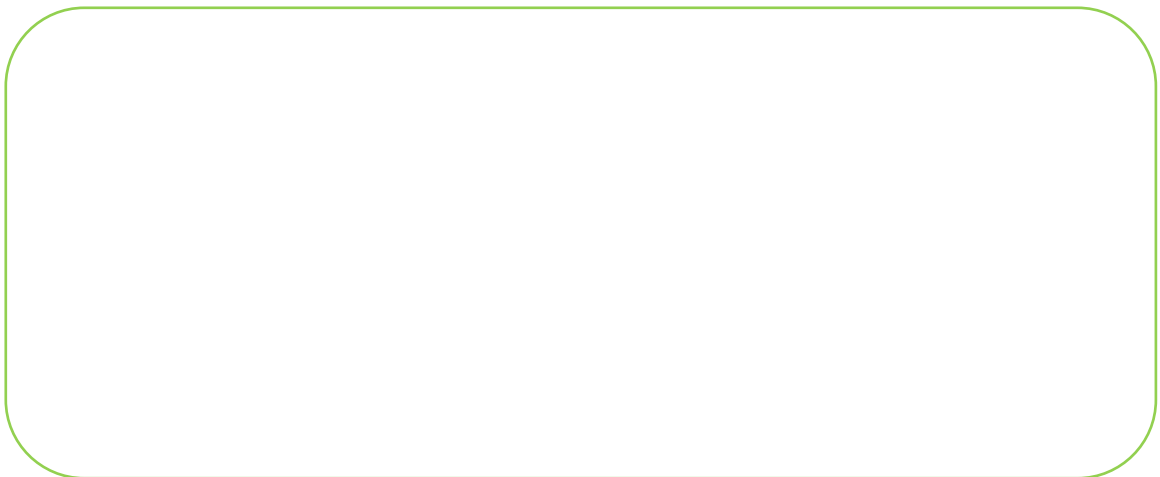
Circuito em paralelo



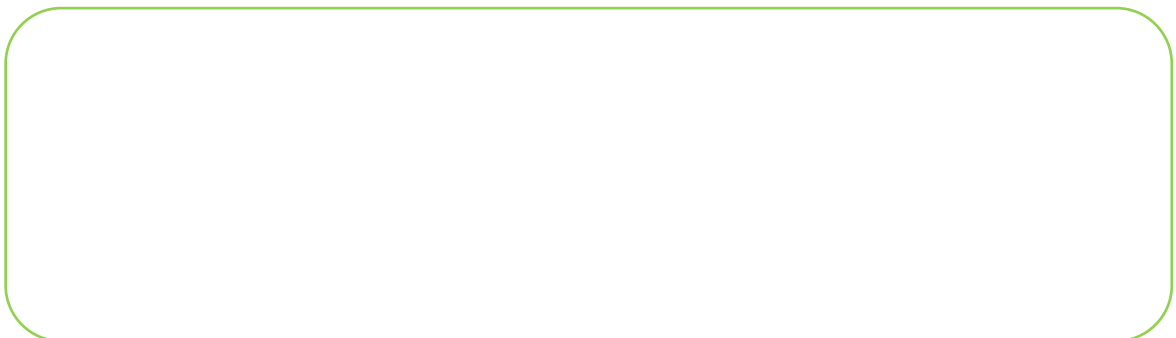
3. Usem um voltímetro para medir a diferença de potencial em cada um dos componentes das duas caixas mistério. Registem os valores obtidos numa tabela e outros pormenores que achem importantes.



4. Usem um amperímetro para medir a corrente elétrica em cada ramo do circuito, em ambas as caixas mistério. Registem os valores obtidos numa tabela e outros pormenores que achem importantes.



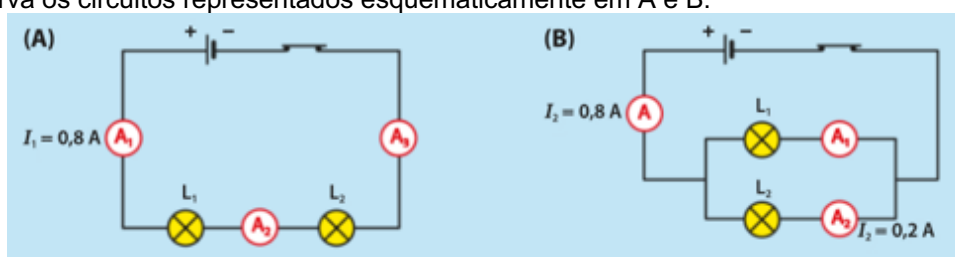
5. Comparem os valores da diferença de potencial nos vários pontos medidos, em ambas as caixas e tirem conclusões.



6. Comparem os valores de corrente medidos nos vários ramos, em ambas as caixas, e tirem conclusões.

Aplica...

7. Observa os circuitos representados esquematicamente em A e B.



Considerando que as lâmpadas não oferecem resistência:

- 7.1 Indica qual o valor da corrente nos amperímetros A2 e A3 da figura A? Justifica a tua resposta.

- 7.2 Indica qual o valor medido pelo amperímetro A1 da figura B? Justifica a tua resposta.

- 7.3 No circuito da figura A, se as lâmpadas L1 e L2 forem iguais, qual delas brilha mais? E no circuito da figura B? Justifica as tuas respostas.

- 7.4 Na figura A. Se a pilha for de 9V e as lâmpadas forem iguais qual o valor da tensão em cada uma das lâmpadas? E no circuito B? Justifica

Tarefa 4

Físico Química 2019/20

Turma: 9º_

Data: __/__/__

Elementos do grupo: _____

Engenharia Reversa

Parte IV - Resistência

A corrente não circula nos circuitos sempre da mesma maneira, esta depende da tensão da fonte e da resistência que os materiais oferecem à sua passagem. Se imaginarmos, por exemplo, uma bomba de água (representa a bateria) a empurrar água (representa a corrente) num cano, a tensão é a «diferença de pressão» ao longo do cano. Então se aumentarmos a tensão, a corrente (quantidade de água) também aumenta. Se o cano for mais estreito ou estiver entupido a água (corrente) terá maior dificuldade (resistência) em atravessá-lo. Quanto maior a resistência, menor a corrente elétrica final: isto é, a corrente é a tensão dividida pela resistência. A resistência, expressa em ohms (W), é a medida de quão difícil é a corrente passar.



(Texto adaptado da revista saber mais, nº3, 2013)



Quando exploraram a vossa caixa mistério, pela primeira vez, algumas lâmpadas fundiram. Uma das razões poderá estar na elevada corrente que chegou até elas e para as quais elas não estavam preparadas. Uma forma de resolver a situação poderá ser a adição de resistências ao circuito para diminuir a corrente que chega até elas.

- 1- Prevejam onde poderiam colocar uma resistência no circuito da vossa caixa mistério e desenhem o seu esquema elétrico introduzindo, em local apropriado, uma resistência que permita reduzir a corrente que chegará às lâmpadas.

- 2- Determinem o valor das resistências, a partir do código de cores do vosso manual, e meçam o valor das resistências com o ohmímetro, registando o seu valor. Comparem os dois valores.

- 3- Testem as resistências fornecidas usando a caixa mistério, meçam a corrente e diferença de potencial e registem o que observam.

- 4- Qual das resistências usariam tendo em conta o que observaram e mediram na questão 3. Justifiquem.

Tarefa 5

Físico Química 2019/20

Turma: 9º_

Data: __/__/__

Elementos do grupo: _____

Missão Mars 2020



ROVER MARS 2020



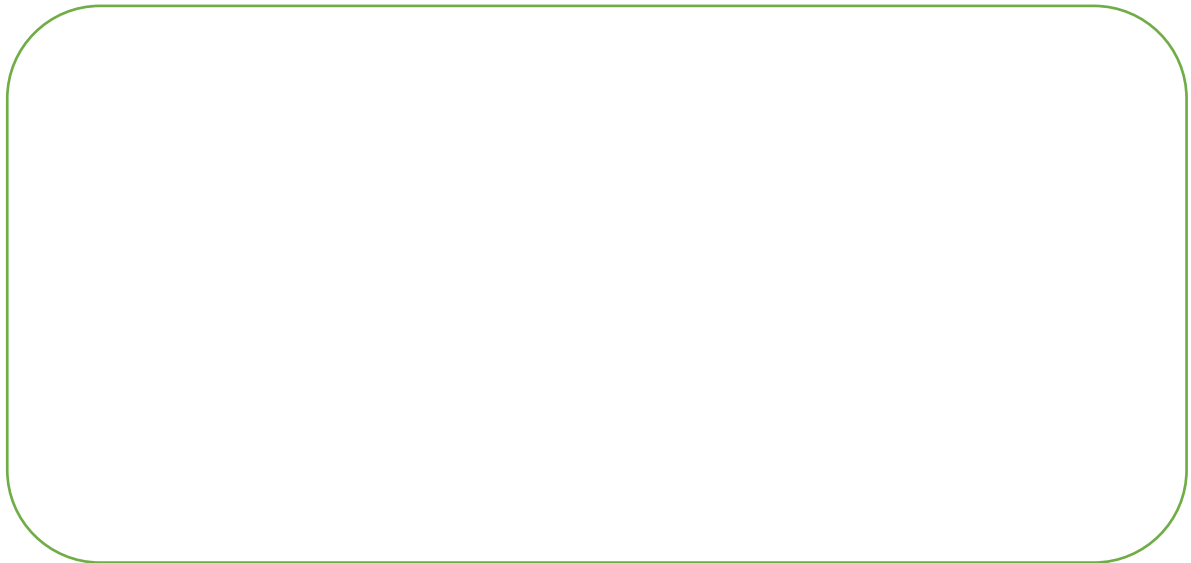
A NASA está a desenvolver um novo *rover* com o objetivo de encontrar vestígios de vida em Marte. O seu lançamento está previsto para 2020 e já são conhecidos alguns dos seus instrumentos e especificações.

O *rover* escolhido para a missão *Mars 2020* é baseado no modelo do *rover Curiosity*, lançado em direção a Marte em 2011 e ainda em operação. De certo modo, podemos classificar cada uma das suas partes à semelhança de qualquer ser vivo com a capacidade para sobreviver e explorar:

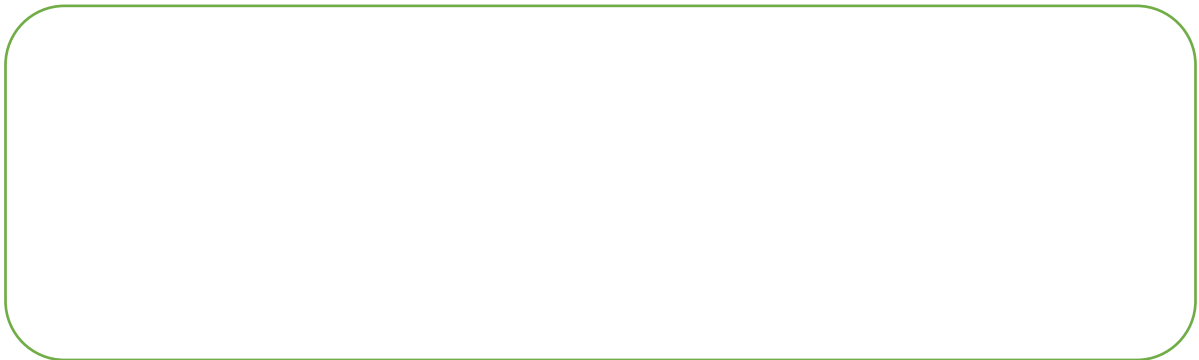
Corpo	Uma estrutura que protege os “órgãos vitais” do veículo espacial
Cérebro	Computador para processar a informação
Controlos de Temperatura	Aquecedores internos, uma camada de isolamento e muito mais
Pescoço e cabeça	Um suporte para as câmaras e uma visão à escala humana
Olhos e ouvidos	Câmaras e instrumentos que fornecem ao veículo espacial informações sobre o ambiente envolvente
Braço e mão	Uma maneira de estender o seu alcance e recolher amostras de rochas para estudo
Rodas e pernas	Peças para a sua mobilidade
Energia elétrica	Baterias e formas de captar energia
Comunicações	Antenas para “falar” e “ouvir”

1. Assiste ao vídeo:
<https://www.youtube.com/watch?v=sm53VdozE6Q>
2. Observa com atenção o *rover Curiosity* na sua fase de teste.
<https://www.youtube.com/watch?v=3-MNAX1jgbA>
3. Identifica algumas das funcionalidades deste *rover*.

4. Recorrendo aos materiais que tens disponíveis e às potencialidades do Arduino constrói um protótipo que replique uma das funcionalidades que identificaste acima.
5. Representa sob a forma de esquema ou desenho o teu *rover*. Explica a sua funcionalidade.



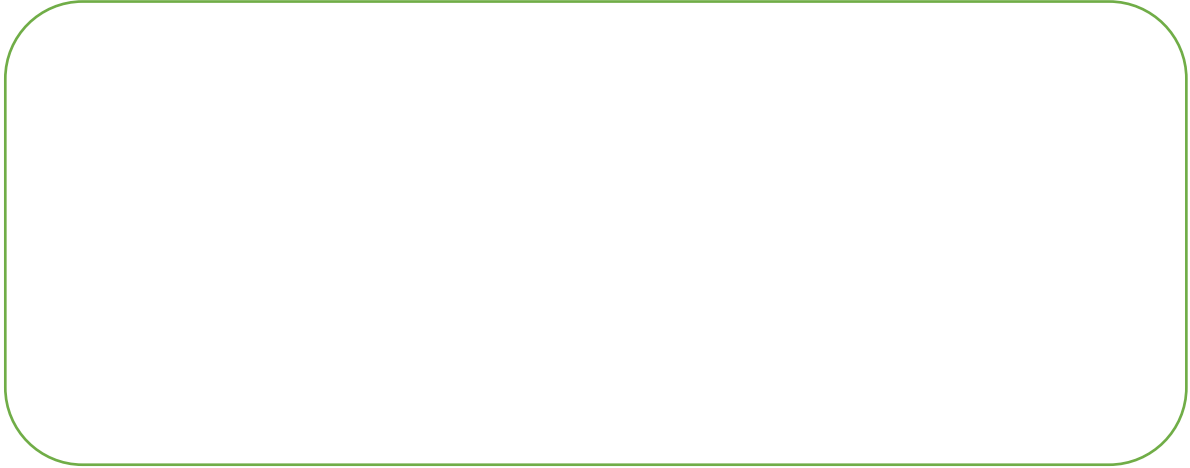
6. Imagina que o teu protótipo era escolhido para ser utilizado num *rover*. Como poderias melhorar o teu protótipo?



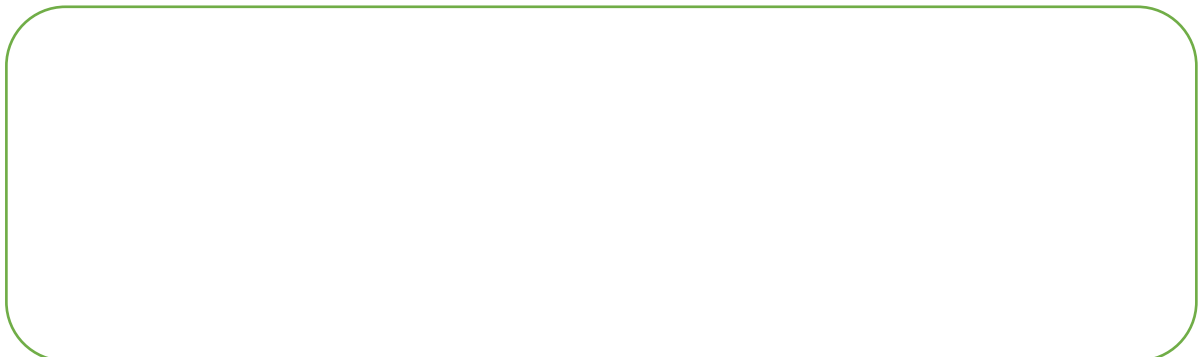
Parte II

Presta atenção ao circuito elétrico do teu rover.

1. Representa esquematicamente o circuito e identifica cada um dos componentes.



2. Refere a importância de cada um dos componentes.



3. Pesquisa no teu manual a definição das seguintes palavras:

Resistência	Diferença de Potencial	Corrente elétrica

4. Recorre a um ohmímetro para medir a resistência de cada um dos componentes do circuito e identifica no esquema anterior cada um dos valores medidos.
5. Recorre a um voltímetro para medir a diferença de potencial em cada um dos componentes do circuito e identifica no esquema anterior cada um dos valores medidos.
6. Recorrendo a um amperímetro para medir a corrente elétrica em cada ramo do circuito e identifica no esquema anterior cada um dos valores medidos.

Sabias que...

O rover Curiosity adora tirar selfies



Vê o vídeo:

APÊNDICE C: WAT

1. Escreve todas as palavras que te lembres que possam estar associadas à palavra ELETRICIDADE.

2. Para cada uma das palavras que escreveste, escreve uma frase na qual incluas a palavra que escreveste e a palavra ELETRICIDADE

1. Escreve todas as palavras que te lembres que possam estar associadas à palavra ENERGIA.

2. Para cada uma das palavras que escreveste, escreve uma frase na qual incluas a palavra que escreveste e a palavra ENERGIA

1. Escreve todas as palavras que te lembres que possam estar associadas à palavra ELETRÃO

2. Para cada uma das palavras que escreveste, escreve uma frase na qual incluas a palavra que escreveste e a palavra ELETRÃO.

1. Escreve todas as palavras que te lembres que possam estar associadas à palavra CORRENTE

2. Para cada uma das palavras que escreveste, escreve uma frase na qual incluas a palavra que escreveste e a palavra CORRENTE.

1. Escreve todas as palavras que te lembres que possam estar associadas à palavra TENSÃO.

2. Para cada uma das palavras que escreveste, escreve uma frase na qual incluas a palavra que escreveste e a palavra TENSÃO.

1. Escreve todas as palavras que te lembres que possam estar associadas à palavra RESISTÊNCIA

2. Para cada uma das palavras que escreveste, escreve uma frase na qual incluas a palavra que escreveste e a palavra RESISTÊNCIA.

1. Escreve todas as palavras que te lembres que possam estar associadas à palavra **POTÊNCIA.**

2. Para cada uma das palavras que escreveste, escreve uma frase na qual incluas a palavra que escreveste e a palavra **POTÊNCIA.**

